CONVENIO N$_{O}$. 20240711 CELEBRADO ENTRE EL CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT Y EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Reporte de Avance técnico noviembre 2024

Elaborado por:

IPD e IPS de sistemas productivos Agrosavia

Mosquera
Diciembre, 2024

Sistema productivo	Elaboró	Revisó	Aprobó	Descripción modificación	Fecha
Ganaderia	Yuri Tatiana Granja, Edwin Castro, Olga Mayorga	Olga Lucia Mayorga	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Papa	Fabio Martínez, Angela Castaño, John Martínez, David Rodríguez, Marcela Preciado, Jhon Estupiñán	German David Sanchez	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Caña Panelera	Jaime Bernal, Ruby Hernández, Alejandra Bernal, Andrés Peña, Nancy Barreto, Luis Fernando Gómez, Erika Paola Igua. Leidy Yibeth Deantonio Florido, Oscar Andres Mendieta Menjura, Luis Gabriel Bautista Montealegre	Eduard Antolinez	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Café	Diego Alejandro Salinas Velandia - Daniel Fernando Rojas Tapias	Diego Alejandro Salinas	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Maiz	Jose Jaime Tapias	Olga Lucia Mayorga	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Musaseas	Carlos Eduardo Ospina	Olga Lucia Mayorga	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024
Género y ambiente	Yesica Paola Beltrán Hernández y Luisa Fernanda Preciado Urbano	Fabio Martinez	Olga Lucia Mayorga	No aplica	Noviembre 2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION 7

Compra de equipos y materiales 7

Implementaciones de parcelas experimentales (unidades demostrativas) 42

Documentos de investigación 143

Talleres de capacitación 334

Acciones de comunicación y difusión 391

Herramientas o plataformas 393

Listado de anexos 407

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compra de dron Multiespectral cultivo Papa 7
Tabla 2 Compra de GPS Garmin 8
Tabla 3 Compra de Ipad 9
Tabla 4 Sensor GREENSEEKER HANDHELD CROP SENSOR BLUETOOTH BASE KIT 12
Tabla 5 Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas 13
Tabla 6 Proyector de imagen 14
Tabla 7 Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas 15
Tabla 8 balanza de humedad 16
Tabla 9 Compra de GPS 20
Tabla 10 Compra del Sistema GNSS RTK 25
Tabla 11 Incubadora Memmert 28
Tabla 12 Horno de convección forzada 32
Tabla 13 Incubadora 260 litros 35
Tabla 14 Planta Eléctrica Diésel Advance 9.1KW 110/220V 3F RDE8500Ei3 38
Tabla 15 Identificación de variables para mejorar el análisis y recomendaciones en sitio específico de sistema productivo papa 42
Tabla 16 Establecimiento de un protocolo de termoterapia 52
Tabla 17. Implementaciones de parcela experimental: sistemas de multiplicación de material, Grupo Phureja 55
Tabla 18. Implementaciones de parcela experimental: sistemas de multiplicación de material, Grupo Andígena 59
Tabla 19. Implementaciones de parcela experimental: Sistemas de endurecimiento, Grupos Phureja y Andigena 63
Tabla 20. Implementaciones de parcelas experimentales (unidades demostrativas) papa componente 2 66
Tabla 21. Implementaciones de parcelas experimentales, ensayos y pilotos de Musaseas 87
Tabla 22. Implementaciones de parcelas experimentales: Evaluación de producción y calidad de materiales establecidos en Caribe (Carmen de Bolivar) y región Altoandina (Nariño) y/o zonas de influencia del proyecto de Ganaderia 92
Tabla 23. Descripción de los tratamientos experimentales. 96
Tabla 24. Dosis de fertilización para cada uno de los tratamientos a evaluar 98
Tabla 25. Implementaciones de parcelas experimentales en Maiz componente 1 101
Tabla 26. Implementaciones de parcelas experimentales en Maiz componente 2 124
Tabla 27. Diseño de parcelas experimentales en caña para componente 1 128
Tabla 28. Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en 2025 del sistema productivo caña 136
Tabla 29. Documentos de investigación: Asesoramiento a Fedepapa sobre sitio o área de emplazamiento de estaciones meteorológicas del cultivo de Papa 143
Tabla 30. Documentos de investigación: Avance en protocolo con diseño experimental para la calibración del modelo DSSAT para papa 166
Tabla 31. Acciones de manejo en la localidad Facatativá, Modelo en riego deficitario 180
Tabla 32. Documentos de investigación: Documento conciliado interinstitucional que contiene el primer acercamiento de diagnóstico de plataformas y ruta de trabajo sistema Papa 195
Tabla 33. Metodología y plan de trabajo para clasificación y detección de los sistemas productivos de papa a partir del procesamiento de imágenes 226
Tabla 34. Protocolo de huella hídrica azul y verde 235
Tabla 35. Protocolo de toma de muestras de suelo cultivo papa 237

Tabla 36. Protocolo de huella hídrica gris para cultivo papa 239
Tabla 37. Protocolo de medición de GEI para papa 241
Tabla 38. Protocolo de implementación de prácticas sostenibles 243
Tabla 39. Documentos de investigación: Identificar microorganismos con capacidad proteolítica y celulolítica para facilitar la degradación de la biomasa usada para compost 245
Tabla 40. Documentos de investigación: reporte técnico del ensamble y ajustes sensores para metano entérico ganadería..... 258
Tabla 41. Documentos de investigación para diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras con enfoque étnico, etario y de género 268
Tabla 42. Documentos de investigación: Actividad 2. Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género. 271
Tabla 43. Documentos de investigación: Actividad 3. Sesión 2. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género. 275
Tabla 44. Documentos de investigación Actividad 4. Acompañamiento 1ra Feria Nacional de Papa. 279
Tabla 45 .Documentos de investigación: Actividad 6. Sesión 3 y 4. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género. 288
Tabla 46.Documentos Actividad 7. Seminario-Taller Global de Herramientas de Transversalización del Enfoque de Género del Proyecto CAS – Eje 8 AGROSAVIA. 297
Tabla 47. Documentos de investigación para caracterizar los productores de caña panelera 300
Tabla 48. Documentos de investigación: Protocolo para la evaluación de variedades de caña de azúcar para panela en diferentes localidades y gradientes altitudinales 305
Tabla 49. Desarrollar protocolos iniciales de medición de incidencia y severidad de plagas (diatraea sp.) y enfermedades (roya naranja) y su relación con la oferta climática. 313
Tabla 50. Documentos de investigación Establecer la metodología para registrar la información primaria y secundaria relacionada con las capacidades, necesidades y oportunidades de Fedepanela 325
Tabla 52. Talleres de capacitación y reporte Adaptación climática en la agroindustria panelera..... 334
Tabla 53. Reporte Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores 338
Tabla 54. Documento de investigacion desarrolló de la metodología para las parcelas de validación en el cultivo de plátano 342
Tabla 55. Talleres de capacitación: Implementación para los gremios en los procesos de toma de decisiones para mejorar su prestación de servicios relacionados con el clima a los agricultores. 359
Tabla 56. Talleres de capacitación: Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores. 360
Tabla 57. Talleres de capacitación: intercambio de experiencias para generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático 366
Tabla 58. Documentos de investigación para Evaluar las capacidades, oportunidades y necesidades de FEDEPANELA para responder a las demandas de los agricultores en cuanto a gestión del clima y de sus efectos 368
Tabla 59. Talleres participativos del diagnostico del sistema productivo plátano 373
Tabla 60. Taller de capacitación participativo del sistema productivo plátano 377
Tabla 61. taller de socialización de capacidades en determinación de gases efecto invernadero y metano entérico haciendo uso del sensoramiento remoto. 384
Tabla 62. Requisitos mínimos talleres de capacitación sistema productivo musáceas..... 388
Tabla 63. Talleres de capacitación C3 Eje 6 caña 389

Tabla 64. Requisitos mínimos organizaciones y productores que van a participar en el proceso de producción de semilla de papa 391
Tabla 65. Sistema de Información Panelero (SIPA) 393

INTRODUCCION

En este informe se describen los avances de los productos o entregables para el mes de noviembre 2024, de acuerdo con el marco de los Convenios firmados entre el CIAT y AGROSAVIA, haciendo uso de los recursos financiados desde el MADR. En general, se avanzó con la estructura de los instrumentos de recolección de información que permita la caracterización los sistemas productivos en los municipios priorizados; la información obtenida será utilizada con fines de investigación como parte inicial del proceso de recolección de datos, para efectos de análisis dentro del proyecto "Colombia Agroalimentaria Sostenible – CAS".

Compra de equipos y materiales

La viabilidad de asignación de centros de costos para ejecución presupuestal fue completada en septiembre, se inició el cargue de equipos y materiales asociados a las subactividades.

Tabla 1 Compra de dron Multiespectral cultivo Papa

Ítem	Descripción
Componente	1
Eje	2
Actividad GCF	Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1)
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	El dron multiespectral, equipado con 5 bandas espectrales, se requiere para llevar a cabo un monitoreo detallado de los cultivos, específicamente en lotes de papa de experimentos y de cultivos gracias a sus siguientes capacidades: 1. Análisis de la salud de los cultivos: Mediante índices espectrales como el NDVI, se puede evaluar la vigorosidad y el estado fisiológico de los cultivos. 2. Identificación de zonas de estrés hídrico y nutricional: Proporciona información clave para mejorar la gestión de recursos. 3. Generación de Modelos de Elevación Digital (DEM): Permite caracterizar la topografía del terreno, facilitando análisis de pendientes y drenajes que influyen en la productividad.
Nombre del equipo	Dron
Cantidad	1
Marca	DJI
Modelo	Mavic 3 Multiespectral (M3M)
No. Serie	1581F5FKC246L00DXF8G
Proveedor	Geosystem ingenieria SAS
Cotización	43530 DG
Orden de compra o TDR	623701
Factura	GI FE – 14139
Fecha de la factura	8/11/2024
Valor neto	$29.650.000
IVA	$5.633.500
Valor total	$35.283.500

Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de investigación La Selva de Agrosavia Km. 7, vía Rionegro - Las Palmas, Sector Llanogrande, Rionegro, Antioquia
Evidencias	• Se adjunta cotización 43530 DG • Se adjunta factura de compra GI FE – 14139

Tabla 2 Compra de GPS Garmin

Ítem	Descripción
Componente	1
Eje	2
Actividad GCF	Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1)
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	El uso del GPS Garmin Montana 750i asegura una ubicación precisa y la delimitación exacta de los predios en estudio, lo cual es fundamental para generar información espacial y productiva de alta calidad, que permite tener mejores métricas de exactitud en la identificación y clasificación de la papa en imágenes satelitales.
Nombre del equipo	GPS
Cantidad	1
Marca	Garmin
Modelo	Montana 750i
No. Serie	S/N6957-5180
Proveedor	Digiformats equipos audiovisuales SAS

Cotización	2426
Orden de compra o TDR	621596
Factura	FE469
Fecha de la factura	01/11/2024
Valor neto	$3.285.714
IVA	$624.286
Valor total	$3.910.000
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de investigación Tibaitata de Agrosavia Km 14 vía Bogotá – Mosquera (Cundinamarca)
Evidencias	• Se adjunta cotización 2426 • Se adjunta factura de compra FE469

Tabla 3 Compra de Ipad

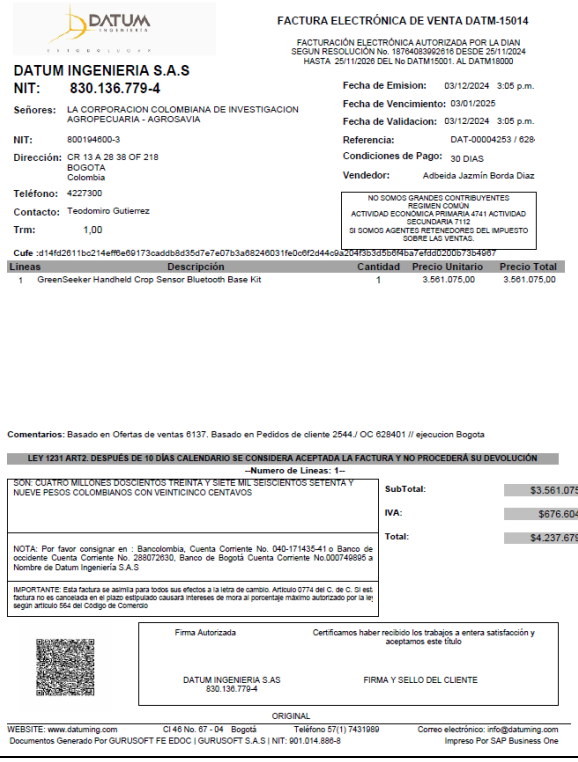
Ítem	Descripción
Componente	1
Eje	2
Actividad GCF	Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1)
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	La adquisición de un iPad está orientada a optimizar el trabajo en campo y la sistematización de información en el proyecto CAS PAPA, gracias a su capacidad para integrar diversas aplicaciones que facilitan el registro, análisis y coordinación de actividades. 1. Registro y organización de información en campo 2. Georreferenciación y cartografía en campo

	3. Integración con sistemas de información geográfica (SIG) 4. Mediciones y análisis espacial. 5. Registro de usuarios y beneficiarios del proyecto
Nombre del equipo	Ipad
Cantidad	1
Marca	Apple
Modelo	Ipad 10
No. Serie	H2N2T0V4D4
Proveedor	Comunicaciones y sistemas integrales ltda
Cotización	CCIA 05112024
Orden de compra o TDR	625722
Factura	13480
Fecha de la factura	28/11/2024
Valor neto	$2.520.470
IVA	$478.889
Valor total	$2.999.359

Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de investigación La Selva de Agrosavia Km. 7, vía Rionegro - Las Palmas, Sector Llanogrande, Rionegro, Antioquia
Evidencias	• Se adjunta cotización CCIA 05112024 • Se adjunta factura de compra

Tabla 4 Sensor GREENSEEKER HANDHELD CROP SENSOR BLUETOOTH BASE KIT

Ítem	Descripción
Componente	2
Eje	3
Actividad GCF	Actividad 3.2. Nuevos materiales tolerantes a sequía en los cultivos de banano, forrajes, arroz y maíz disponibles al productor.
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	El sensor se empleará para optimizar el uso de fertilizantes y agua, también ayuda a detectar problemas en los cultivos antes de que se hagan evidentes a simple vista, como deficiencias nutricionales. La medición realizada es El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés: Normalized Difference Vegetation Index). Este equipo es necesario para el análisis de la respuesta a los tratamientos de optimización de las soluciones nutritivas en el escalamiento de los tubérculos-semilla de papa obtenidos por el sistema de aeroponía.
Nombre del equipo	GREENSEEKER HANDHELD CROP SENSOR BLUETOOTH BASE KIT
Cantidad	1
Marca	TRIMBLE INC
Modelo	
No. Serie	
Proveedor	DATUM INGENIERÍA SAS
Cotización	
Orden de compra o TDR	No.628401-2
Factura	FACTURA ELECTRÓNICA DE VENTA DATM-15014
Fecha de la factura	03/12/2024
Valor neto	$ 3.561.075
IVA	$ 676.604,25
Valor total	$ 4.237.679,25
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Socio AGROSAVIA, Mosquera Km 14 vía Mosquera-Bogotá Lote 65 Invernaderos de aeroponia 4°41'38.0"N 74°12'34.3"W
Evidencias	• Se adjunta factura de compra DATM-15014



DATUM INGENIERIA

FACTURA ELECTRÓNICA DE VENTA DATM-15014

FACTURACIÓN ELECTRÓNICA AUTORIZADA POR LA DIAN SEGÚN RESOLUCIÓN No. 18764083992616 DESDE 25/11/2024 HASTA 25/11/2026 DEL No DATM15001. AL DATM18000

DATUM INGENIERIA S.A.S
NIT: 830.136.779-4

Señores: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA
NIT: 800194600-3
Dirección: CR 13 A 28 38 OF 218 BOGOTA Colombia
Teléfono: 4227300
Contacto: Teodomiro Gutierrez
Trm: 1,00

Fecha de Emision: 03/12/2024 3:05 p.m.
Fecha de Vencimiento: 03/01/2025
Fecha de Validacion: 03/12/2024 3:05 p.m.
Referencia: DAT-00004253 / 628
Condiciones de Pago: 30 DIAS
Vendedor: Adbeida Jazmín Borda Diaz

NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES
REGIMEN COMÚN
ACTIVIDAD ECONÓMICA PRIMARIA 4741 ACTIVIDAD SECUNDARIA 7112
SI SOMOS AGENTES RETENEDORES DEL IMPUESTO SOBRE LAS VENTAS.

Cufe :d14fd2611bc214eff6e69173caddb8d35d7e7e07b3a68246031fe0c6f2d44c9a204f3b3d5b6f4ba7efdd0200b73b4987

Lineas	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	GreenSeeker Handheld Crop Sensor Bluetooth Base Kit	1	3.561.075,00	3.561.075,00

Comentarios: Basado en Ofertas de ventas 6137. Basado en Pedidos de cliente 2544 / OC 628401 // ejecucion Bogota

LEY 1231 ART2. DESPUÉS DE 10 DÍAS CALENDARIO SE CONSIDERA ACEPTADA LA FACTURA Y NO PROCEDERÁ SU DEVOLUCIÓN

--Numero de Lineas: 1--

SON: CUATRO MILLONES DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS SETENTA Y NUEVE PESOS COLOMBIANOS CON VEINTICINCO CENTAVOS

SubTotal: $3.561.075,
IVA: $676.604,
Total: $4.237.679,

NOTA: Por favor consignar en : Bancolombia, Cuenta Corriente No. 040-171435-41 o Banco de occidente Cuenta Corriente No. 288072630, Banco de Bogotá Cuenta Corriente No.000749895 a Nombre de Datum Ingeniería S.A.S

IMPORTANTE: Esta factura se asimila para todos sus efectos a la letra de cambio. Artículo 0774 del C. de C. Si est. factura no es cancelada en el plazo estipulado causará intereses de mora al porcentaje máximo autorizado por la ley, segun artículo 884 del Código de Comercio

Firma Autorizada
DATUM INGENIERIA S.AS
830.136.779-4

Certificamos haber recibido los trabajos a entera satisfacción y aceptamos este título
FIRMA Y SELLO DEL CLIENTE

ORIGINAL

WEBSITE: www.datuming.com Cl 46 No. 67 - 04 Bogotá Teléfono 57(1) 7431989 Correo electrónico: info@datuming.com
Documentos Generado Por GURUSOFT FE EDOC | GURUSOFT S.A.S | NIT: 901.014.886-8 Impreso Por SAP Business One

Tabla 5 Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas

Ítem	Descripción
Componente	2
Eje	3
Actividad GCF	Actividad 3.2. Nuevos materiales tolerantes a sequía en los cultivos de banano, forrajes, arroz y maíz disponibles al productor.
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas. Este tipo de medidor es ampliamente utilizado en aplicaciones donde se requiere monitorear los niveles de calcio, es altamente preciso, proporcionando lecturas con una precisión de ±0.1 ppm en el rango bajo, es compacto y liviano, lo que lo convierte en una herramienta muy práctica para mediciones en campo. Este instrumento se usará para el monitoreo de agua de riego y para el control de soluciones fertilizantes del sistema aeropónico principalmente.
Nombre del equipo	MEDIDOR DE CALCIO. HORIBA LAQUAtwin Ca-11
Cantidad	1
Marca	HORIBA
Modelo	LAQUAtwin Ca-11
No. Serie	
Proveedor	ECOLOGIC INGENIERIA SAS
Cotización	

Orden de compra o TDR	No.628401-2
Factura	
Fecha de la factura	
Valor neto	$ 2.300.000
IVA	$ 437.000
Valor total	$ 2.737.000
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Socio AGROSAVIA, Mosquera Km 14 vía Mosquera-Bogotá Lote 65 Invernaderos de aeroponia 4°41'38.0"N 74°12'34.3"W
Evidencias	•

Tabla 6 Proyector de imagen

Ítem	Descripción
Componente	2
Eje	3
Actividad GCF	Actividad 3.2. Nuevos materiales tolerantes a sequía en los cultivos de banano, forrajes, arroz y maíz disponibles al productor.
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	Se requiere de un proyector de imagen para desarrollar los cursos de formación a organizaciones productores de papa seleccionadas en la convocatoria 2024, en las acciones del eje 3 para la multiplicación de semilla como estrategia de disminución de gases efecto invernadero; así mismo, en el desarrollo del Plan de capacitación co-diseñado con los socios para profesionales, técnicos y agricultores en el eje 6 en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.
Nombre del equipo	Videoproyector Portátil EPSON PowerLite W49 WXGA
Cantidad	1
Marca	EPSON
Modelo	PowerLite® W49
No. Serie	V11H983020
Proveedor	COMUNICACIONES Y SISTEMAS INTEGRALES LTDA
Cotización	
Orden de compra o TDR	No.630270
Factura	
Fecha de la factura	
Valor neto	$ 3.099.000
IVA	$ 588.810
Valor total	$ 3.687.810

Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Socio AGROSAVIA, Mosquera Km 14 vía Mosquera-Bogotá Lote 65 Invernaderos de aeroponia 4°41'38.0"N 74°12'34.3"W
Evidencias	•

Tabla 7 Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas

Ítem	Descripción
Componente	3
Eje	5
Actividad GCF	Actividad 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático
Sistema productivo	Papa
Justificación de la compra	Dispositivo portátil diseñado para medir la concentración de calcio (Ca^{2+}) en soluciones líquidas. Este tipo de medidor es ampliamente utilizado en aplicaciones donde se requiere monitorear los niveles de calcio, es altamente preciso, proporcionando lecturas con una precisión de ±0.1 ppm en el rango bajo, es compacto y liviano, lo que lo convierte en una herramienta muy práctica para mediciones en campo. Este instrumento se usará para el monitoreo de agua de riego y para el control de soluciones fertilizantes del sistema aeropónico principalmente.
Nombre del equipo	TARJETA DE RESPUESTA RF LCD CLIKERS + LICENCIA TURNING POINT + RECEPTOR RF HID
Cantidad	30 + 30 + 1
Marca	TURNING technologies
Modelo	
No. Serie	referencia XRX – R04
Proveedor	GTGROUP S.A.S.
Cotización	
Orden de compra o TDR	No.626487
Factura	
Fecha de la factura	
Valor neto	$ 13.495.500
IVA	$ 2.179.395
Valor total	$ 15.674.895

Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Socio AGROSAVIA, Mosquera Km 14 vía Mosquera-Bogotá
Evidencias	•

Tabla 8 balanza de humedad

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	La compra de una balanza de humedad es necesario debido a la limitación de hornos de secado en campo. La balanza de humedad permitirá determinar en menor tiempo la materia seca parcial y real de materiales voluminosos que ocupan mayor espacio como los forrajes y otros alimentos que deberán ser colectados como parte de las actividades del proyecto para sus posteriores análisis químicos.
Nombre del equipo	Balanza de Humedad
Cantidad	1
Marca	Precisa
Modelo	XM 60
No. Serie	5605265
Proveedor	KASALAB SAS
Cotización	COT-40561
Orden de compra o TDR	624149
Factura	FKE12445
Fecha de la factura	05/12/2024
Valor neto	13,577,000
IVA	2,579,630
Valor total	16,156,630

Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de Investigación El Nus, corregimiento San José del Nus, Municipio San Roque, Antioquia, Coordenadas: 6.4858349110655595, -74.83615136194479
Evidencias	• Se adjunta Cotización **COT-40561** • Se adjunta factura de venta **FKE12445**

SUMINISTROS DE LABORATORIOS KASALAB S.A.S
NIT 900.745.087 - 2 IVA RÉGIMEN COMÚN
CR. 81 B No. 51 - 52 / Teléfono (604)3629187 - 3006224380
info@kasalab.com
Medellín - Antioquia
SOMOS AUTORRETENEDORES DE RENTA RESOLUCIÓN 004921 DE 06/JUL/2021
NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES

COTIZACION DE VENTA
COT-40561
Fecha: 29-10-2024

SOMOS AUTORRETENEDORES DE ICA EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN, RESOLUCIÓN 202050056223 DE 2020

Asesor: KAROL CATERINE YEPES BERNAL
Email: karolyepes@kasalab.com
Teléfono: (604) 362 91 87 (601) 354 08 17.
Sitio web: www.kasalab.com
Validez de oferta: 29 de Noviembre de 2024
Tel asesor: 3054575669

Cliente: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA AGROSAVIA
Contacto: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPEC
Email:
Teléfono: 4227300
Ciudad:
Forma de pago: CREDITO 30 DIAS

Ítem	Descripción	Imagen	Entrega	Cant	Precio	Valor Total
1	**330-9324B-002 - BALANZA DE HUMEDAD CON LÁMPARA HALÓGENA SERIE 330 DE 124G X 1MG/0.01% MODELO XMBB 60 - PRECISA SUIZA.** Especificaciones Técnicas Lámpara de calentamiento: IR Halógeno Capacidad: 124 g Precisión (d): 1 mg / 0.01% Rango de temperatura: 30°C a 230°C Incrementos de temperatura: 1°C Peso mínimo recomendado: 0.2 g Reproducibilidad en aprox.: 1 g 0.2% Reproducibilidad en aprox.: 10 g 0.02% Tamaño del panel de pesaje: Ø 100 mm Dimensiones mm (LxPxA): 218 mm x 177 mm x 340 mm Drift de sensibilidad: 2.0 ppm/°C Consumo de Energía: 450 W Voltaje: 110 V ± 15% Peso Total: 6.3 Kg - Interfaz RS232 para conexión a impresora o PC. - Protección mecánica vía password - Capacidad de almacenar 20 métodos El determinador de humedad XM60 ha sido diseñado con los más altos estándares de calidad. Precisa se caracteriza por el desarrollo de instrumentos termogravimétricos con innovación tecnológica e interfaz amigable con el usuario. NOTA: EL PRECIO SOLO ES VALIDO PARA LAS 2 UNIDADES DISPONIBLES PARA ENTREGA INMEDIATA.		INMEDIATO SALVO VENTA PREVIA	1	13,577,000	13,577,000

OBSERVACIONES
INCLUYE: 1)GARANTIA DE 2 AÑOS POR DEFECTOS DE FÁBRICA. 2) UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO DURANTE EL PRIMER AÑO DE GARANTIA EL CUAL DEBE SER PROGRAMADO POR EL CLIENTE.

TIEMPOS DE ENTREGA SALVO VENTA PREVIA Y/O SUJETO A CAMBIOS POR DISPONIBILIDAD DE FABRICA.

Al aceptar esta cotización, usted acepta nuestras políticas de garantías. Puede consultarlas en nuestro sitio web o a través del siguiente enlace: https://kasalab.com/politicas-kasalab/

Gerente General

SUBTOTAL:	**$ 13,577,000**
TOTAL, IVA 19%:	**$ 2,579,630**
TOTAL:	**$ 16,156,630**

COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA

Agricultura

SUMINISTROS DE LABORATORIO KASALAB SAS
NIT: 900745087
CR 81 B 51 52 Medellín
Tel: 3629187
e-mail:
Responsable de IVA
SOMOS AUTORRETENEDORES DE ICA EN LA CIUDAD DE MEDELLIN "RESOLUCION 202050056223 DE 2020"
ABSTENGASE DE EFECTUAR RETE ICA EN CIUDADES DIFERENTES.
ACTIVIDAD COMERCIAL 4659
SOMOS AUTORRETENEDORES DE IMPUESTO A LA RENTA Resolución 004921 de 06/jul/2021
NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, SI SOMOS AGENTES RETENEDORES DE IVA.

FACTURA ELECTRONICA DE VENTA

Número: FKE12445

Cliente:	LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA AGROSAVIA	**Fecha:** 05/12/2024 15:32 p. m.	**Fecha vcto:** 05/01/2025	**Forma de Pago:** 2 - CREDITO 30 DIAS
NIT	800194600	**Vendedor:** YEPES BERNAL KAROL CATERINE		
Dirección:	KM 14 VIA MOSQUERA - BOGOTA			
Ciudad:	Mosquera	**OC.Nro** 624149	**Medio de Pago:**	**FECHA DIAN:** 2024-12-05 15:33:18-05:00
Teléfono:				

REFERENCIA	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNIT	DESCUENTO	VALOR TOTAL	IVA%
330-9324B-002	BALANZA DE HUMEDAD CON LÁMPARA HALOGENA SERIE 330 DE 124G X 1MG/0.01% MODELO XMBB 60	1,00	$13.577.000	$0	$13.577.000	19 %

Observaciones:

Dirección de entrega: KM 14 VIA MOSQUERA - BOGOTA

CONSIGNAR EN CUENTA DE AHORROS BANCOLOMBIA No. 27427058846 Y BANCO DE BOGOTA CUENTA CORRIENTE 443165253 A NOMBRE DE KASALAB S.A.S

Valor en letras: DIECISEIS MILLONES CIENTO CINCUENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS TREINTA PESOS M/CTE *******

VALOR BRUTO	$13.577.000
DESCUENTO	$0
VALOR SIN IVA	$13.577.000
IVA	$2.579.630
AUTORETENEDORES	
TOTAL A PAGAR	$16.156.630

RECIBÍ CONFORME

ENTREGADO POR

FECHA DE RECIBIDO

PACTO RESERVA DE DOMINIO: KASALAB S.A.S SE RESERVA EL DOMINIO Y LA POSESIÓN DE LOS ARTICULOS VENDIDOS, HASTA QUE EL COMPRADOR HAYA PAGADO LA TOTALIDAD DEL PRECIO ESTIPULADO EN ESTA FACTURA DE VENTA.

A PARTIR DE LA FECHA DE VENCIMIENTO DE ESTA FACTURA SE CAUSARÁN INTERESES DE MORA POR CADA DÍA A LA TASA MÁXIMA LEGAL PERMITIDA, DE CONFORMIDAD CON EL ARTICULO 804 DEL C. DE C. SIN PERJUICIO DE LAS DEMAS ACCIONES LEGALES POR INCUMPLIMIENTO DE SU PAGO. ESTA FACTURA DE VENTA SE ASIMILA COMO TITULO VALOR (ART. 772, MODIF. LEY 1231 / 08). ACEPTO QUE PUEDO SER CONSULTADO, REPORTADO Y EXCLUIDO DE UNA CENTRAL DE RIESGOS.

Autorización Numeración de Facturación No. 18764062221112 Numeración: AUTORIZADA Rango desde: FKE10001 hasta: FKE20000 Vigencia desde: 19/12/2023 hasta: 19/12/2024 - 12 Meses

Factura generada por software SIESA de SISTEMAS DE INFORMACION EMPRESARIAL SA. Nit 890.319.193-3. Siesa e-Invoicing Nit 890.319.193-3

Código CUFE: 5495ca4c5e5c68ec89a9132871df58bcd183219cfe4f7d31002b20c14919dc91646f6ab0cfe61ef0d28e8ae64b39e040

Alianza Bioversity & CIAT

Colombia Agroalimentaria Sostenible — ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

AGROSAVIA — Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Tabla 9 Compra de GPS

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	La compra de GPS es necesario debido para realizar la geolocalización de las áreas experimentales que permitirán calibrar los GPS de los sensores para medición del tiempo y distancia recorrida por día en los sistemas. En actividades futuras también permitirá realizar la geolocalización de predios de validación.
Nombre del equipo	GPS
Cantidad	1
Marca	Bad Elf
Modelo	BE-GPS-2500
No. Serie	S/N 516088
Proveedor	GREENFOREST SERVICIOS FORESTALES SAS
Cotización	C-1-4705
Orden de compra o TDR	621581
Factura	GF13675
Fecha de la factura	4/12/2024
Valor neto	4.432.773,00
IVA	842.226,87
Valor total	5.274.999,87
Registro fotográfico	

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de Investigación El Nus, corregimiento San José del Nus, Municipio San Roque, Antioquia, Coordenadas: 6.4858349110655595, -74.83615136194479
Evidencias	Se adjunta cotización C-1-4705 Se adjunta factura GF-13675

9/10/24, 11:10 Cotización - iSiigo

Cotización
No. C-1-4705

GreenForest
equipos para ingeniería e investigación

GREENFOREST-SERVICIOS FORESTALES SAS
NIT 900.550.746-1
Carrera 43#31-106 San Diego
Tel: (604) 3016555755
Medellín - Colombia

Para	LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA
Nit	800.194.600-3
Contacto	Angie Paola Loaiza Castro
Dirección	Km 9 vía Espinal - Ibagué
Ciudad/Tel.	Espinal / (601) 4227300 - Ext. 000 - 3185800377
Fecha	2024-10-09

Somos una empresa fundada en el año 2013, ubicada en la ciudad de Medellín, estamos comprometidos con satisfacer adecuadamente las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, ofreciéndoles un excelente servicio.

Item	Nombre producto	Descripción	Fotos	Vr. Unitario	Cantidad	Impto. Cargo	Vr. Bruto
1	Mini Receptor GNSS Estándar Bad Elf Flex (GPS/GLONASS/Galileo/BEIDOU)	Marca Bad Elf Tecnología de conectividad Bluetooth, RF Aplicación admitida Mapas de campo Usos específicos del producto SIG, Cartografía, Aviación, Navegación Alta precisión de 4.9-6.6 ft en regiones SBAS Certificado IOS para IPhone y IPad; compatible con Android y Windows Actualizable en campo para habilitar los servicios RTK y logra una precisión de 1 pie o mejor Contenido de la caja: Funda de transporte y Cable USB	Ver	4,432,773.11	1.00	19 %	4,432,773.11

Total Bruto	4,432,773.11
Subtotal	4,432,773.11
IVA 19%	842,226.89
Total a Pagar	5,275,000.00

Elaborado por Siigo S.A.S Nit: 830.048.145-8

CONDICIONES DE VENTA

VIGENCIA: 10 días.

FORMA DE PAGO: Crédito 15 días. Ahorros Bancolombia 23687767691.

TIEMPO MININO DE ENTREGA: 30 - 35 días después de realizado el pago y según disponibilidad de stock.

GARANTÍA: Doce meses por defectos de fábrica, no cubre mal uso, golpes, roturas, daños por sobre voltaje y/o sulfatación de pilas, otros no especificados.

TRANSPORTE: Incluye envío a AGROSAVIA San José del Nus Autopista Medellín Puerto Berrío vía Cisneros

PRECIO($) y TIEMPO($) DE ENTREGA SUJETO($) A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

NOTA: Antes de realizar el pago, favor enviar su Orden de Compra Firmada citando el No. de esta Cotización.

Sarita Betancur
sarita.betancur@greenforestsas.com
(302) 3951496

1/1

GreenForest

GREENFOREST-SERVICIOS FORESTALES SAS
NIT 900.550.746-1
Carrera 43#31-106 San Diego
Tel: 3016555755
Medellín - Colombia
facturacion@greenforestsas.com
www.greenforest.com.co

Factura electrónica de venta
No. GF 13675

Señores	LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA		
NIT	800.194.600-3	**Teléfono**	(601) 4227300 - Ext. 000
Dirección	Municipio San Roque, Corregimiento San José. San Roque, Antioquia 53037	**Ciudad**	San Roque - Colombia

Fecha y hora Factura	
Generación	04/12/2024, 08:36
Expedición	04/12/2024, 08:36
Vencimiento	03/01/2025

Ítem	Nombre producto	Cantidad	Bodega	Valor desc.	Vr. Unitario	Impto. Cargo	Vr. Bruto
1	Mini Receptor GNSS Estándar Bad Elf Flex (GPS/GLONASS/Galileo/BEIDOU)	1.00	Bodega Forestal	0.00	4,432,773.11	19 %	4,432,773.11

Total ítems: 1

Valor en Letras:
Cinco millones ciento sesenta y cuatro mil ciento ochenta pesos m/cte con sesenta y siete cent.

Forma de pago:
Crédito

Medio de pago:
Otro - Crédito - Cuota No. 001 vence el 2025-01-03 por $ 5,164,180.67

Total Bruto	4,432,773.11
IVA 19%	842,226.89
Retefuente 2.5%	110,819.33
Total a Pagar	**5,164,180.67**

Observaciones:

Orden de compra: OC - 621581

Fabricante Software y Proveedor tecnológico: Siigo SAS - Nit 830.048.145-8, Nombre Software: Siigo Nube, Firma electrónica ver en el XML

A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta el Comprador declara haber recibido real y materialmente las mercancías o prestación de servicios descritos en este título - Valor. **Número Autorización Electrónica 18764079193842 aprobado en 20240910 prefijo GF desde el número 13120 al 20000 Vigencia: 12 Meses**
Responsable de IVA - Actividad Económica 0240 Servicios de apoyo a la silvicultura Tarifa
CUFE: 6dc734cd0c582f1aff797af347df023672a8f33e2fce34d00b433b55cf87ad13164bcbb75c49625aad2f2d25d01ccf4b

Tabla 10 Compra del Sistema GNSS RTK

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	La compra del Sistema GNSS RTK es necesario debido para realizar la corrección de la geolocalización de las áreas experimentales que permitirán calibrar correctamente los GPS de los sensores para medición del tiempo y distancia recorrida por día en los sistemas.
Nombre del equipo	KIT GNSS I73+
Cantidad	1
Marca	CHCNAV
Modelo	I73+ - iBase
No. Serie	30905205 -3839027
Proveedor	Galileo Instruments
Cotización	
Orden de compra o TDR	619542
Factura	FE - 4,732
Fecha de la factura	28/10/2024
Valor neto	29,411,765
IVA	5,588,235
Valor total	35,000,000
Registro fotográfico	

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Centro de Investigación El Nus, corregimiento San José del Nus, Municipio San Roque, Antioquia, Coordenadas: 6.4858349110655595, -74.83615136194479
Evidencias	Se adjunta factura FE - 4,732

GALILEO INSTRUMENTS S.A.S.

NIT.900393949-4 DIR. Carrera 74 48 37 LC 255
TEL.4482230 - MEDELLIN
Responsable de IVA

FACTURA ELECTRÓNICA DE VENTA

FE - 4,732

Fecha : Octubre 28 de 2024
Cliente : LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARI
Dirección : CR 13 A 28 38 OFC 218
Ciudad : BOGOTÁ
Teléfono : 4227300
NIT : 800194600 - 3
Asesor Comercial: ANGELICA MARIA CORTES CASTAÑO

Forma de Pago : 30 DÍAS **Medio de Pago :** CREDITO **Vence:** Nov.28/2024 **Pronto Pago :**
Observaciones :
SE FACTURA SEGÚN ORDEN DE COMPRA 619542

Item	Código	Descripción	Cant.	Unidad	V. Unit	DSC	IVA	Valor Total
1	KIT I73 001	KIT GNSS I73+ 1 I BASE S/N(3839027) + I73 S/N(3905205) + 1 COLECTORA HCE600 S/N(6311300820) + 1 LLAVE CG0 S/N(4UVMTH5222) 1 TRIPODE DOBLE SEGURO + 1 BASTON EN FIBRA DE CARBONO 2.20 + 1 BASE NIVELANTE GRIS + 2 ANTENAS UHF + EXTENSOR + CABLES DE PODER	1.00	UNIDAD	29,411,764.70		19%	35,000,000

Total Registros: 1 - Total Cantidad: 1.00

Valor en Letras: Treinta y Cinco Millones de pesos con 00 ctvs.

SUBTOTAL: 29,411,765

IVA: 5,588,235

FAVOR CONSIGNAR A:
CTA.AHORROS BANCOLOMBIA: 36064551846
CTA CORRIENTE BANCOLOMBIA: 54764347273
ENVIAR SOPORTE DE PAGO A:
FACTURACION@GALILEOINSTRUMENTS.COM.CO
SOMOS AGENTES RETENEDORES DEL IMPUESTO SOBRE LAS VENTAS.

TOTAL: 35,000,000

POR FAVOR ABSTENERSE DE PRACTICAR RETENCION DE ICA, YA QUE TRIBUTAMOS EN BOGOTA Y/ O MEDELLIN
RESOLUCION DE FACTURACION 18764080057022 DE SEPTIEMBRE 23 DE 2024. ELECTRONICA HABILITA RANGO DEL: FE 4537 A FE 5000
El comprador autoriza a GALILEO INSTRUMENTS SAS como titular del credito para que consulte o reporte a DATACREDITO o a cualquier otra base de datos el cumplimiento o incumplimiento de sus obligaciones.
La presente factura de asemeja en sus efectos a una Letra de Cambio (Art 621.S.S,772,773,y S.S. del Código de Comercio)Consignacionar a la CTA.AHORROS BANCOLOMBIA: 36064551846
CTA CORRIENTE BANCOLOMBIA: 54764347273
FAVOR ENVIAR SOPORTE DE PAGO A: FACTURACION@GALILEOINSTRUMENTS.COM.CO

CUFE: 74ea7ea8802a94fa28abf829135aaf79657e8b9b7b06e5e71369bd93c6bd9ba8a85a6e0e8bbe2ea7ced51ef88fa34d10
Factura generada el dia 2024-10-28 a las 15:57 horas en el Sistema Administrativo y Gerencial SAG®-ERP.
Software desarrollado por P&A SOLUCIONES INTEGRADAS S.A.S. NIT: 811.040.859-2.
Proveedor tecnológico para la factura electrónica: SAPHETY - TRANSACCIONES ELECTRÓNICAS S.A.S. NIT. 900606963-4
Impreso por: GALILEO INSTRUMENTS S.A.S. NIT. 900,393,949-4 Articulo 13 Decreto 1165 de 1996

Página 1 de 1

Tabla 11 Incubadora Memmert

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	La adquisición de una incubadora es necesaria para las evaluaciones in situ de las fibras indigestibles de los forrajes, necesarias como indicadores internos del consumo de forraje en animales durante la validación de los sensores, asociado a la expresión de la emisión en unidad de alimento consumido.
Nombre del equipo	Incubadora
Cantidad	1
Marca	Memmert
Modelo	Incubadora INT75
No. Serie	EMC-003799
Proveedor	VidCol S.A.S
Cotización	JM-446-2024
Orden de compra o TDR	621633
Factura	VID5999
Fecha de la factura	10-oct-24
Valor neto	$ 9.500.000
IVA	$ 1.462.620
Valor total	$ 10.962.620
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas	Unidad de bioensayos Cundinamarca Mosquera Km 14 Vía Mosquera - Bogotá • Latitud: 4.6096° N • Longitud: 74.1803° W
Evidencias	Se adjunta factura de compra VID 5999 Se adjunta cotización JM-446-2024

VIDCOL SAS

NIT : 860,532,874 - 3 /Id. Extranjero :
CALLE 10 No. 66A - 42
BOGOTA D.C. - COLOMBIA
6014699669 4208118
vidcol@vidcol.com

VIDCOL S.A.S.

Factura Electrónica de Venta
N° VID 5999

Cliente: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA
Nit: 800,194,600 - 3 /Id. Extranjero :
Dirección: CR 13 A 28 38 OF 218
Ciudad: B2GOTA DC
Tel: 4227373
Correo:
Order Reference Prefijo

Fecha Factura: 2024-10-24 16:58:59
Fecha Expedición : 2024-10-24 16:59:32
Fecha Vencimiento : 2024-11-23
Vendedor: JOHN ELIAS MONTOYA
Centro Costo 2
Remisión 52826
Numero 621633

Referencia	Descripcion	Cantidad	IVA	Valor Unitario	Valor Total
IN 75	INCUBADORA DE 74 LITROS	1.00	19	9,500,000.00	9,500,000.00

Elaborado e Impreso por Siigo SAS Nit: 830.048.145 -8

CONDICION DE PAGO

Credito Clientes Efectivo 10.962.620,00 Cuota 1 Vence el 2024-11-23

VALOR EN LETRAS

Diez Millones Novecientos Sesenta Y Dos Mil Seiscientos Veinte Pesos M/Cte.

OBSERVACIONES

--ORDEN DE COMPRA 621633 --CONDICION DE PAGO 30 DIAS --YPG
FAVOR CONSIGNAR A LA CUENTA CORRIENTE BANCO CAJA SOCIAL 21003282149-CUENTA CORRIENTE BANCOLOMBIA N° 20354189961-CUENTA CORRIENTE BANCO BOGOTA N° 057265415

Total Bruto	9,500,000.00
Retencion 2.5%	237,500.00
IVA	1,805,000.00
Retenc. ICA	104,880.00
Total a Pagar	**$ 10.962.620,00**

VIDCOL S.A.S.
MATERIAL PARA LABORATORIO
NIT: 860.532.874-3

FORMATO DE COTIZACIÓN

VERSIÓN: 3 — Fecha de Revisión: 2022-08-27
CODIGO: V-CO-FT-006 — Fecha de Aprobacion:2022-08-29

CLIENTE: AGROSAVIA
ATENCION: Francy Marcela Guerrero Guzman
DIRECCIÓN: Km 14 Vía Mosquera - Bogotá
CORREO: fguerrero@agrosavia.co
CIUDAD: Mosquera

COTIZACION # JM-446-2024
FECHA 2024-10-04
VIGENCIA 30 DIAS
ASESOR Jhon Montoya
CORREO jhonmontoya@vidcol.com

Nos complace presentar a su consideración la siguiente propuesta de equipos y/o material para laboratorio y reactivos.

FORMA DE PAGO
30 DIAS

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	REFERENCIA	TIEMPO ENTREGA	CANTIDAD	VALOR UNIT	IVA	VALOR TOTAL
1	INCUBADORA SINGLE DISPLAY	MEMMERT	04401961-07 IN 75 SINGLE DISPLAY	8-15 DIAS APARTIR DE LA ORDEN DE COMPRA	1	$ 9.500.000	$ 1.805.000	$ 11.305.000
2	ESTUFA DE SECADO-CULTIVO PARA LABORATORIO	MEMMERT	04401964-13 UN 750 SINGLE	90-120 DIAS APARTIR DE LA ORDEN DE COMPRA	1	$ 29.000.000	$ 5.510.000	$ 34.510.000
OBSERVACIONES:							**TOTAL**	**$ 45.815.000**

Elaborador por:	MAYRA BLANCO
Revisado por:	
Aprobado por Dirección Comercial:	

Dirección: Calle 10 No. 66A-42 3 Piso Tel :4699669

SANYO OAKTON ACCULAB Thermo SCIENTIFIC BEN MEADOWS Cole-Parmer BIOLOGIX MINDRAY Forestry Supplies Fisher Scientific Heidolph DAIGGER EXTECH Motic UVP eppendorf

VIDCOL S.A.S.
MATERIAL PARA LABORATORIO
NIT: 860.532.874-3

FORMATO DE COTIZACIÓN

VERSIÓN: 3 — Fecha de Revisión: 2022-08-27
CODIGO: V-CO-FT-006 — Fecha de Aprobacion:2022-08-29

CONDICIONES COMERCIALES

1.VALIDEZ DE LA OFERTA: La validez de la oferta es de acuerdo a el tiempo estipulado en la parte superior derecha de la presente oferta. Deberá ser actualizada tras su vencimiento, pues los precios ofertados serán susceptibles de
Si dentro de la oferta se encuentran productos **CONTROLADOS,** el cliente deberá adjuntar a la orden de compra el respectivo permiso de Estupefacientes vigente a la fecha para realizar el tramite interno. De no ser así no se realizará el debido
Una vez recibida la orden de compra se da por entendido que el cliente acepta las condiciones de la oferta comercial presentada por la compañía; por lo cual NO se aceptan cambios en los productos solicitados ni las cantidades solicitadas. Lo
DESPUES DE RECIBIDA LA ORDEN NO SE ACEPTAN CANCELACIONES NI ANULACIONES. CUALQUIER INQUIETUD, SOLICITUD Y/O QUEJA O RECLAMACIÓN CONTACTARSE A calidad@vidcol.com
NO SE ACEPTAN CAMBIOS EN LAS CANTIDADES DEL PRODUCTO SOLICITADO EN LAS ORDENES DE COMPRAS, CUANDO ESTAS CANTIDADES SEAN MAYORES A LA MODIFICACION SOLICITADA
2.TIEMPOS DE ENTREGA: De aceptar la oferta una vez se emita el documento que avale la compra (OC), es importante que tenga en cuenta los tiempos acordados con el asesor comercial de la compañía.
NOTA: Tenga en cuenta que los productos de importación pueden presentar cambios en los tiempos de entrega debido a la logística de los proveedores. El asesor informará los cambios pertinentes y se deberá aprobar los tiempos de cambio,
3.FORMAS Y CONDICIONES DE PAGO: Las facturas generadas por el suministro de productos y servicios contenidos en la presente oferta deberán ser canceladas de acuerdo al tiempo estipulado en la presente cotización. Este pago deberá
4.CONDICIONES DE DESPACHO: DEBIDO A POLÍTICAS INTERNAS DE LA ORGANIZACIÓN, LA COMPRA MINIMA CORRESPONDE A $ 300.000, SI ES MENOR, EL CLIENTE DEBERÁ PAGAR EN EFECTIVO Y RECOGERLO.
Para el despacho de los productos controlados tenga en cuenta que el asesor informara la fecha prevista de entrega y esta debe ser confirmada y notificada para despachar los productos.
En caso tal de presentarse algún cambio después de recibido el producto que estén dentro de las condiciones de garantía, el cliente deberá informar al asesor en un tiempo máximo de dos (2) días para su aprobación de devolución, si no se le
Para productos **CONTROLADOS** que sea solventes se ofertara el valor del producto sin incluir fletes, el proveedor **DEBERA ASUMIR** el valor del flete, de acuerdo a los valores comerciales de el transporte especial para el traslado de ellos,
5.OTRAS CONDICIONES: Sobre productos de importación no se aceptan devoluciones el envió de la orden de compra representa la aceptación del producto y sus características, así como su tiempo de entrega.
Vidcol SAS ofrece garantías estipuladas en esta propuesta comercial cubriendo la asesoría técnica cuando ando aplique a partir de la fecha de entrega de los equipos. Esta garantía no cubre consumibles o partes susceptibles de agotamiento,
6. POLITICA DE MANEJO DE INFORMACIÓN Y DATOS PERSONALES: VIDCOL SAS informa que de acuerdo con lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y Decreto 1377 de 2013 sus datos personales suministrados por este medio pueden ser
7. VIDCOL SAS cuenta con certificaciones en ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 vigentes y tiene la disponibilidad de entregar cualquier certificado que sea necesario.

*** FIN DE LA COTIZACIÓN***

LAB BRANDS S A S
860028662-8
Autopista Bogotá Medellín Km 7.5 Parque Industrial Bruselas Bodega 1
Tel: 6018966220

www.labbrands.com

Factura electrónica de venta
FK - 67880

Señores: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
NIT: 800194600-3
Ciudad: Bogota
Teléfono: 4227300
Dirección: Cr 13 A 28 38 Of 218

Fecha de Emisión: 2024.11.25 **Hora:**10:2.:0.
Fecha de Vencimiento: 2024.12.25

Vendedor: Angelica Johanna Romero
Pedido: 1438123
Orden de Compra: 623938
Medio de Pago: 30 / Transferecia Crédito
Forrma de Pago: CREDITO **Plazo:** 30

Item	Referencia	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Desc.	IVA %	Valor IVA	Valor Total
1	9010-0306	HORNO DE CONVECCION FORZADA FD-115 VOLUMEN 116L, 115V AVANTGARDE.LINE, PUERTO USB	1	12,650,000.00	0	19	2,403,500.00	12,650,000.00

Total ITEMS: 1

Observaciones: ,53417,

Subtotal	12,650,000.00
Descuento	0.00
Total Bruto Factura	12,650,000.00
% IVA 19	2,403,500.00
TOTAL FACTURA	**15,053,500.00**

No somos autorretenedores
Responsable del IVA REGIMEN COMUN.
Retenedores de IVA para operaciones con los del Régimen Simplificado.
Somos Responsables de Industria y Comercio en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca.

Datos Bancarios
Bancolombia Cuenta Corriente No. 21958261097
Davivienda Cuenta Corriente 462769999311

El pago de esta factura debe hacerse exclusivamente a nombre de LAB BRANDS S.A.S. Dentro del tiempo fijado, y en caso de mora el Comprador pagará intereses mensuales de acuerdo a las tasas oficiales. A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta factura el comprador declara haber recibido real y materialmente las mercacias o prestación de servicios descritos en este título - Valor.

RETENCIONES

Rete fuente	316,250.00
Rete IVA	360,525.00
Rete ICA	0.00
Neto a pagar	**14,376,725.00**

Valor en Letras:
CATORCE MILLONES TRESCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS VEINTICINCO PESOS 00/100

Autorización de númeración de facturación electrónica
No. 18764074716486 del 2023-07-09 al 2026-01-09
Habilitada numeración de FK-66247 al FK-99999

Nombre del Software: OFIMA
Fabricante Software: OFIMA S.A.S. Nit. 800132302-8
Proveedor Tecnologico: Comercio Electrónico en Internet S.A. CENET S.A. NIT. 830057860-4

CUFE: f447c04efb83331e4e03e6534cdb8c1975393beeca16c526f04b6ab2d87bc7e3209133ccab1430d6719ec9af82b65e4f

Este documento corresponde a la representación gráfica de una factura electrónica

Impreso por: www.ofima.com 1 de 1 Creó:LPS

PROPUESTA DE INVERSION:

referencia	Descripcion	Marca	Tiempo de Entrega	cantidad	Vr Unitario antes de iva
9010-0306	HORNO DE CONVECCION FORZADA FD-115 VOLUMEN 116L, 115V. AVANTGARDE.LINE, PUERTO USB	BINDER	Inmediato Salvo venta previa	1	$ 12.650.000
				subtotal	$ 12.650.000
				iva 19%	$ 2.403.500
				total	$ 15.053.500

CONDICIONES COMERCIALES:

- Forma de pago: 30 días.
- Vigencia de la oferta: 30 días.
- Instalación, puesta en marcha, pruebas de funcionamiento y capacitación en el Centro de Investigación Tibaitata.
- Garantía Un (1) año.
- Servicio de mantenimiento preventivo durante el primer año.

Quedamos atentos a tus inquietudes

Cordialmente,

Angelica Romero
Gerente de Cuenta
LAB BRANDS S.A.S.

Autopista Bogotá - Medellín Km 7.5 Parque Industrial Bruselas. Bodega 1 Tenjo - Cundinamarca - Colombia.
Teléfono +57 (1) 896 62 20
www.labbrands.com

Tabla 12 Horno de convección forzada

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	Requerido para el secado de muestras de forrajes y heces de los animales en los sistemas de alimentación donde estarán los animales durante la validación y medición de metano entérico.
Nombre del equipo	Horno de convección forzada
Cantidad	2
Marca	Binder
Modelo	Horno de convección Forzada FD15

No. Serie	EMC-003829
Proveedor	LAB brands S.A.S
Cotización	JM-446-2024
Orden de compra o TDR	624371
Factura	FK67879
Fecha de la factura	25/11/2024
Valor neto	$ 12.650.000
IVA	$ 2.403.500
Valor total	$ 15.053.500
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas Evidencias	unidad de bioensayos
	Cundinamarca
	Mosquera
	Km 14 Vía Mosquera - Bogotá
	Latitud: 4.6096° N **Longitud**: 74.1803° W
	Se adjunta factura de compra
	Se adjunta cotización

LAB BRANDS S A S
860028662-8
Autopista Bogotá Medellín Km 7.5 Parque Industrial Bruselas Bodega 1
Tel: 6018966220

www.labbrands.com

Factura electrónica de venta
FK - 67879

Señores: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
NIT: 800194600-3
Ciudad: Bogota
Teléfono: 4227300
Dirección: Cr 13 A 28 38 Of 218

Fecha de Emisión: 2024.11.25 **Hora:**10:2.:2.
Fecha de Vencimiento: 2024.12.25

Vendedor: Angelica Johanna Romero
Pedido: 1438122
Orden de Compra: 624371
Medio de Pago: 30 / Transferecia Crédito
Forrma de Pago: CREDITO **Plazo:** 30

Item	Referencia	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Desc.	IVA %	Valor IVA	Valor Total
1	9010-0306	HORNO DE CONVECCION FORZADA FD-115 VOLUMEN 116L, 115V AVANTGARDE.LINE, PUERTO USB	1	12,650,000.00	0	19	2,403,500.00	12,650,000.00

Total ITEMS: 1

Observaciones: ,53416,

Subtotal	12,650,000.00
Descuento	0.00
Total Bruto Factura	12,650,000.00
% IVA 19	2,403,500.00
TOTAL FACTURA	**15,053,500.00**

No somos autorretenedores
Responsable del IVA REGIMEN COMUN.
Retenedores de IVA para operaciones con los del Régimen Simplificado.
Somos Responsables de Industria y Comercio en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca.

Datos Bancarios
Bancolombia Cuenta Corriente No. 21958261097
Davivienda Cuenta Corriente 462769999311

El pago de esta factura debe hacerse exclusivamente a nombre de LAB BRANDS S.A.S. Dentro del tiempo fijado, y en caso de mora el Comprador pagará intereses mensuales de acuerdo a las tasas oficiales. A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta factura el comprador declara haber recibido real y materialmente las mercacias o prestación de servicios descritos en este título - Valor.

RETENCIONES

Rete fuente	316,250.00
Rete IVA	360,525.00
Rete ICA	0.00
Neto a pagar	**14,376,725.00**

Valor en Letras:
CATORCE MILLONES TRESCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS VEINTICINCO PESOS 00/100

Autorización de númeración de facturación electrónica
No. 18764074716486 del 2023-07-09 al 2026-01-09
Habilitada numeración de FK-66247 al FK-99999

Nombre del Software: OFIMA
Fabricante Software: OFIMA S.A.S. Nit. 800132302-8
Proveedor Tecnologico: Comercio Electrónico en Internet S.A. CENET S.A. NIT. 830057860-4

CUFE: 00a4505047705647669fe8cc07467661b3e29ba0915c026ca7a2e9b5d2d3bf81a9abaa46dcb1e2e732ecd20cd8a53a95

Este documento corresponde a la representación gráfica de una factura electrónica

PROPUESTA DE INVERSION:

referencia	Descripcion	Marca	Tiempo de Entrega	cantidad	Vr Unitario antes de iva
9010-0306	HORNO DE CONVECCION FORZADA FD-115 VOLUMEN 116L, 115V. AVANTGARDE.LINE, PUERTO USB	BINDER	Inmediato Salvo venta previa	1	$ 12.650.000
				subtotal	$ 12.650.000
				iva 19%	$ 2.403.500
				total	$ 15.053.500

CONDICIONES COMERCIALES:

- Forma de pago: 30 días.
- Vigencia de la oferta: 30 días.
- Instalación, puesta en marcha, pruebas de funcionamiento y capacitación en el Centro de Investigación Tibaitata.
- Garantía Un (1) año.
- Servicio de mantenimiento preventivo durante el primer año.

Quedamos atentos a tus inquietudes

Cordialmente,

Angelica Romero
Gerente de Cuenta
LAB BRANDS S.A.S.

Autopista Bogotá - Medellín Km 7.5 Parque Industrial Bruselas. Bodega 1 Tenjo - Cundinamarca - Colombia.
Teléfono +57 (1) 896 62 20
www.labbrands.com

Tabla 13 Incubadora 260 litros

Ítem	Descripción
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería
Justificación de la compra	La adquisición de una incubadora es necesaria para las evaluaciones in situ de las fibras indigestibles de los forrajes, necesarias como indicadores internos del consumo de forraje en animales durante la validación de los sensores, asociado a la expresión de la emisión en unidad de alimento consumido.
Nombre del equipo	Incubadora 260 litros
Cantidad	1
Marca	Memmert

Modelo	Incubadora Single display
No. Serie	
Proveedor	Vidcol
Cotización	JM-505-2024
Orden de compra o TDR	628204
Factura	VID 6210
Fecha de la factura	09/12/2024
Valor neto	$21.848.000
IVA	$3.363.718
Valor total	$25.211.718
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas Evidencias	unidad de bioensayos
	Cundinamarca
	Mosquera
	Km 14 Vía Mosquera - Bogotá
	Latitud: 4.6096° N **Longitud**: 74.1803° W
	Se adjunta factura de compra
	Se adjunta cotización

VIDCOL SAS

NIT : 860,532,874 - 3 /Id. Extranjero :
CALLE 10 No. 66A - 42
BOGOTA D.C. - COLOMBIA
6014699669 4208118
vidcol@vidcol.com

VIDCOL S.A.S.

Factura Electrónica de Venta
N° VID 6210

Cliente: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA
Nit: 800,194,600 - 3 /Id. Extranjero :
Dirección: CR 13 A 26 38 OF 218
Ciudad: B2GOTA DC
Tel: 4227373
Correo:
Order Reference Prefijo

Fecha Factura: 2024-12-09 16:47:55
Fecha Expedición : 2024-12-09 16:48:30
Fecha Vencimiento : 2025-01-08
Vendedor: JOHN ELIAS MONTOYA
Centro Costo 2
Remisión 53078
Numero 628204

Referencia	Descripcion	Cantidad	IVA	Valor Unitario	Valor Total
IN 260 TWIN DOISPLAY	INCUBADORA TWIN DE 260 LITROS	1.00	19	21,848,000.00	21,848,000.00

Elaborado e Impreso por Siigo SAS Nit: 830.048.145 -8

CONDICION DE PAGO
Credito Clientes Efectivo 25.211.718,00 Cuota 1 Vence el 2025-01-08

Total Bruto	21,848,000.00
Retencion 2.5%	546,200.00
IVA	4,151,120.00
Retenc. ICA	241,202.00
Total a Pagar	**$ 25.211.718,00**

VALOR EN LETRAS
Veinticinco Millones Doscientos Once Mil Setecientos Dieciocho Pesos M/Cte.

OBSERVACIONES
--ORDEN DE COMPRA 628204 --CONDICION DE PAGO 30 DIAS --YPG
FAVOR CONSIGNAR A LA CUENTA CORRIENTE BANCO CAJA SOCIAL 21003282149-CUENTA CORRIENTE BANCOLOMBIA N° 20354189961-CUENTA CORRIENTE BANCO BOGOTA N° 057265415

Elaborado Por

A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta el Comprador declara haber recibido real y materialmente las mercancías o prestación de servicios descritos en este título - Valor. **Resolución y/o Autorización de facturación No.** 18764065109328 **aprobado en** 2024-02-06 **vigente** , **prefijo** VID **desde el número** 5143 **al** 10000 Responsables de iva - Actividad Económica 4690 Tarifa 11,04

CUFE :71d928f7621e0b4f2ec4a8c2865b16dbfdd3e81fa9df914d01fc9d8358c4c032f5b2577602cbd52becdda8d022a2940f

VIDCOL S.A.S.

FORMATO DE COTIZACIÓN DE EQUIPOS

VERSIÓN: 1 Fecha de Revisión: 2022-09-01 — **CODIGO: V-CO-FT-028** Fecha de Aprobacion:2022-09-05

CLIENTE:	AGROSAVIA
CONTACTO:	Francy Marcela Guerrero Guzman
DIRECCIÓN:	Km 14 Vía Mosquera - Bogotá 111
CORREO:	fguerrero@agrosavia.co

COTIZACION:	JM-505-2024
FECHA:	2024-11-08
VIGENCIA DE OFERTA:	30 DIAS
ASESOR:	JHON MONTOYA
CORREO:	jhonmontoya@vidcol.com

FORMA DE PAGO
30 DIAS

Nos complace presentar a su consideración la siguiente propuesta de equipos

ITEM	DESCRIPCION		CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	**INCUBADORA ,** **REF: IN 260 SINGLE DISPLAY** **MARCA: MEMMERT** **CARACTERÍSTICAS:** - CAMARA DE TRABAJO ACERO INOXIDABLE, REJILLAS DE ACERO INOXIDABLE. - CARCASA: ACERO INOXIDABLE ESTRUCTURAL, PARED TRASERA CON CHAPA DE ACERO GALVANIZADO SINGLE DISPLAY DE MANEJO INTUITIVO (PANTALLA DE GRAFICOS A COLOR) CON PANTALLA TACTIL, PUERTA **ACCESORIOS:** CABLE DE PODER CON CLAVIJA AMERICANA - MANUAL USUARIO **NOTAS TÉCNICAS:** PARA CORRIENTE ELECTRICA 230V (+/-10%), 50/60 Hz V. CERTIFICADO DE CALIBRACION PARA + 37oC. **ENTREGA 8-15 DIAS APARTIR DE LA ORDEN DE COMPRA**		1	$ 17.900.000	$ 17.900.000
2	**INCUBADORA ,** **REF: IN 260 TWIN DISPLAY** **MARCA: MEMMERT - ALEMAN** **CARACTERÍSTICAS:** - CAMARA DE TRABAJO ACERO INOXIDABLE, REJILLAS DE ACERO INOXIDABLE. - CARCASA: ACERO INOXIDABLE ESTRUCTURAL, PARED TRASERA CON CHAPA DE ACERO GALVANIZADO TWIN DISPLAY DE MANEJO INTUITIVO (PANTALLA DE GRAFICOS A COLOR) CON PANTALLA TACTIL, PUERTA INTERIOR DE CRISTAL, PUERTA EXTERIOR DE ACERO INOXIDABLE COMPLETAMENTE AISLADA, AIRE EXTERIOR A TRAVES DE TRAMPILLA DE EXTRACCION DE AIRE. **ESPECIFICACIONES TECNICAS:** - TEMPORIZADOR DIGITAL: AJUSTABLE ENTRE 1 MINUTO, 99 DIAS, 23 HORAS. - TWIN DISPLAY: MICROPROCESADOR DOS (2) PANTALLAS TFT DE ALTA DEFINICION. PARAMETROS AJUSTABLES EN CONTROL COCKPIT; TEMPERATURA CELSIUS O FARENHEIT, HORA DEL PROGRAMA, HORARIOS, USOS, IDIOMA, ALEMAN, INGLES, ESPANOL, HORARIO DE VERANO - INVIERNO, PROTECCION MULTIPLE CONTRA TEMPERATURA EXCESIVA / INSUFICIENTE TWW / TWB. CAPACIDAD PARA 100 PERFILES DE TEMPERATURA DISTINTOS. **ENTREGA 8-15 DIAS APARTIR DE LA ORDEN DE COMPRA**		1	$ 21.848.000	$ 21.848.000

OBSERVACIONES:	**Sub-Total**	**$**	**39.748.000**
	Iva 19%	**$**	**7.552.120**
	TOTAL	**$**	**47.300.120**

Elaborado por:	MAYRA BLANCO
Revisado por:	
Aprobado por gerencia comercial:	

VIDCOL S.A.S.

FORMATO DE COTIZACIÓN DE EQUIPOS

VERSIÓN: 1 Fecha de Revisión: 2022-08-27 — **CODIGO: V-CO-FT-028** Fecha de Aprobacion:2022-08-29

ESPECIFICACIONES COMERCIALES

1. INSTALACIÓN DE EQUIPOS:

Tabla 14 Planta Eléctrica Diésel Advance 9.1KW 110/220V 3F RDE8500Ei3

Ítem	**Descripción**
Componente	1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje	1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF	Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Sistema productivo	Ganadería

Justificación de la compra	Se requiere una planta eléctrica para garantizar el suministro de energía y mantenimiento de equipos funcionando en las instalaciones ante fallas en el suministro de electricidad en los centros de investigación
Nombre del equipo	Planta eléctrica
Cantidad	1
Marca	Advance
Modelo	Planta Eléctrica Diésel Advance 9.1KW 110/220V 3F RDE8500Ei3
No. Serie	
Proveedor	Consucommerce
Cotización	202411-C 075
Orden de compra o TDR	629389
Factura	**FV 2691**
Fecha de la factura	09/12/2024
Valor neto	$6.940.980
IVA	$1.318.786
Valor total	$8.259.766
Registro fotográfico	
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas Evidencias	unidad de bioensayos
	Cundinamarca
	Mosquera
	Km 14 Vía Mosquera - Bogotá
	Latitud: 4.6096° N **Longitud**: 74.1803° W
	Se adjunta factura de compra
	Se adjunta cotización

CONSUCOMMERCE SAS
901.427.935-3
CL 22 B 59 31 OF 904
(601) 3115186562
Bogotá - Colombia
gerencia@smartrendsco.com
www.consucommerce.com

CONSUCOMMERCE

Factura Electrónica de Venta
N°. FV 2691

Cliente: LA CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - AGROSAVIA
Nit: 800.194.600-3
Teléfono: (601) 4227300
Dirección: CR 13 A 28 38 OF 218
Ciudad: Bogotá - Colombia
Correo: facturaelectronica@agrosavia.co

Fecha y hora Factura	
Generación	09/12/2024, 08:37
Expedición	09/12/2024, 08:37
Vencimiento	24/12/2024
Vendedor	ALVARO POSADA
Centro de costo	CORP01
Cotización	

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Impto. Cargo	Valor Impto.Cargo	Vr. Total
1	Planta Eléctrica Diésel Advance 9.1KW 110/220V 3F RDE8500Ei3 Potencia prime: 8.3Kva (6.3 kw) Potenci	1.00	6,940,980.00	19 %	1,318,786.20	8,259,766.20

Total items: 1

Valor en Letras:
Ocho millones doscientos cincuenta y nueve mil setecientos sesenta y seis pesos m/cte con veinte cent.

Forma de pago:
Crédito

Medio de pago:
Otro - Crédito - Cuota No. 001 vence el 2024-12-24 por $ 8,259,766.20

Observaciones:
Abstenerse de practicar Retención en la fuente y Retención de ICA ya que pertenecemos al REGIMEN SIMPLE DE TRIBUTACION.
AGROSAVIA CI TIBAITATA
OC 629389

Total Bruto	**6,940,980.00**
IVA 19%	**1,318,786.20**
Total a Pagar	**8,259,766.20**

Fabricado Software y Provisión tecnológica Siigo SAS - Nit 830.048.145-8. Nombre Software Siigo Nube. Firma electrónica no es obl.

COTIZACION

	DATOS CLIENTE	
EMPRESA:	AGROSAVIA	
CONTACTO:	Carlos Julio Gonzalez Ramírez	
TELEFONO:	EVENTO 142999	
EMAIL:		
COTIZACION #:	202411-C 075	
FECHA:	martes, 26 de noviembre de 2024	
FORMA DE PAGO:	TRANSFERRENCIA ELECTRONICA	FLETE INCLUIDO EN LOS PRECIOS-ENTREGA EN : Dirección de Envío:Km 14 Vía Mosquera -, Colombia Código de ubicación: TIBAITATA

ITEM	IMAGEN	DESCRIPCION	ESPECIF-TALLA	CANT	PRECIO UND	PRECIO ANTES DE IVA
1		Planta Eléctrica Diésel Advance 9.1KW 110/220V 3F RDE8500Ei3 Potencia prime: 8.3Kva (6.3 kw) Potencia Standby: 7.3kva (9.1kw) Marca: Advance Cabina: No Conexión: Trifásica Voltaje: 110/220V Amperaje: 21,2 Fuel tank: 3.5gal Motor: Advance RDE8500Ei3 Velocidad de Rotación: 3600 rpm Generador: Advance Tipo de Tablero: Análogo	UND	1	$6.940.980	$6.940.980
2		llave de 3 vias con adaptador de bloqueo macho / QWORK Llave de paso de 3 vías con conexión Luer, llave de paso de inyección médica, estéril, Tipo de conexión: Conector Luer Válvula de tapón de alta Luer Lock estéril PRODUCTO X IMPORTACION- ENTREGA DE 10 A 15 DIAS	UND	100	$6.400	$640.000
					SUBTOTAL	$7.580.980
				SI	IVA 19%	$1.440.386
					TOTAL	$9.021.366

Implementaciones de parcelas experimentales (unidades demostrativas)

Tabla 15 Identificación de variables para mejorar el análisis y recomendaciones en sitio específico de sistema productivo papa

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF
Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1)
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Este producto se enfoca en generar oferta tecnológica y conocimiento por parte de los productores para la adaptación y mitigación del cambio climático
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 1.5.1. Identificación de variables para mejorar el análisis y recomendaciones en sitio especifico.
Antecedentes
En informe entregado en agosto de 2024 se presentó una revisión bibliográfica con fuentes recientes, para observar avances en identificación de cultivos en imágenes satelitales tanto ópticas como de radar de apertura sintética (SAR). Se observaron diferentes técnicas y/o algoritmos que permitan mejorar las métricas de exactitud al identificar cultivos en imágenes satelitales individuales, combinadas o en fusión. En el entregado en octubre de 2024, se muestra un primer borrador de la metodología que se implementara para identificar cultivos de papa usando imágenes satelitales ópticas y SAR.
Metodología
En la región andina colombiana, la alta frecuencia de nubosidad limita la captura de imágenes satelitales ópticas claras, dificultando el monitoreo de cultivos agrícolas durante gran parte del año (Sundar et al., 2010). Tradicionalmente, el uso de imágenes ópticas de satélite combinadas con mediciones de campo ha sido fundamental para la identificación de cultivos; sin embargo, estas metodologías presentan limitaciones significativas en áreas con cobertura nubosa frecuente. Para superar esta limitación, se emplearán imágenes de radar de apertura sintética (SAR) de Sentinel-1. Esta tecnología de teledetección avanzada utiliza microondas para capturar imágenes de alta resolución de la superficie terrestre, independientemente de las condiciones atmosféricas (ESRI, 2024). El enfoque metodológico consistirá en el uso de imágenes gratuitas de los satélites Sentinel-1 y Sentinel-2. Estas imágenes requieren un preprocesamiento para trabajar en zonas montañosas con pendientes pronunciadas y condiciones de nubosidad de hasta un 60%, características frecuentes en las zonas donde se cultiva papa. El preprocesamiento incluye la eliminación de nubes y sombras en las áreas, con el fin de construir un stack multitemporal para un semestre de cultivo. Finalmente, se realizará una fusión de los datos de radar y ópticos. Este proceso de fusión maximiza las ventajas de ambas tecnologías: las imágenes satelitales ópticas ofrecen alta precisión espectral cuando el cielo está despejado, mientras que las imágenes satelitales de radar permiten obtener datos consistentes y fiables durante períodos nublados. Este stack multitemporal de imágenes preprocesadas permitirá implementar un algoritmo de clasificación que identifique la ubicación de los cultivos de papa en áreas definidas.

La combinación de imágenes satelitales ópticas y de radar facilitará un análisis más robusto y adaptado a las condiciones climáticas de la región, promoviendo una agricultura más resiliente y optimizando el uso de recursos en zonas de alta nubosidad y topografía compleja.

Resumen ejecutivo

Este reporte presenta un primer acercamiento al preprocesamiento de imágenes satelitales ópticas y de radar, que permite trabajar en zonas de alta nubosidad y montaña con alta pendiente, donde se siembra la mayoría de los cultivos de papa, la cual considera los siguientes pasos.

- Definición de área piloto para limitar a esta zona la descarga de las imágenes satelitales.
- Identificación y descarga de imágenes de radar del satélite Sentinel 1, en el periodo de tiempo de julio a noviembre de 2024.
- Preprocesamiento de imágenes de radar descargadas para el periodo definido.
- Identificación y descarga de imágenes ópticas de los satélites Sentinel 2, que tengan hasta un 60% de presencia de nubes, en el periodo de tiempo de julio a noviembre de 2024.
- Preprocesamiento de imágenes ópticas descargadas para el periodo definido.
- Toma de datos o sitios de referencia para entrenamiento del modelo.
- Fusión de imágenes.

El área piloto definida incluye el municipio de Villapinzón y sus alrededores en Cundinamarca, considerando zonas de referencia para la clasificación. Cabe resaltar que el cultivo de papa se siembra en dos épocas del año, la primera de marzo a septiembre y la segunda de septiembre a marzo, principalmente en Cundinamarca. La primera descarga de imágenes no cubre un ciclo completo del cultivo, pero permite definir y afinar el preprocesamiento hasta que se tengan las imágenes satelitales de un ciclo completo que permita realizar la identificación de cultivos de papa.

Capítulos que se van a desarrollar

Área inicial de trabajo: En conversaciones con Fedepapa y su representante del área técnica, se identifica como área donde se pueden encontrar varios cultivos de papa para el II semestre del 2024 el municipio de Villapinzón, en las veredas Tibita, San Pablo y Sonsa. Villapinzón, ubicado en el departamento de Cundinamarca (Colombia), se caracteriza por su clima frío y su altitud en la región andina, condiciones que lo hacen ideal para el cultivo de papa y otros productos agrícolas de clima frío. Cundinamarca es una región central de Colombia que rodea la capital del país, Bogotá, y cuenta con una topografía variada que incluye montañas, valles y altiplanos, lo que la convierte en una de las áreas agrícolas más productivas del país. El cultivo de papa se caracteriza porque se establece en zonas de altura desde los 2.400 m.s.n.m. Se siembra en zonas de montaña o pendientes pronunciadas y la mayoría de los cultivos dependen del agua lluvia para su desarrollo. El ciclo productivo de la papa dura entre 4 y 6 meses dependiendo de la variedad y pasa por los siguientes estados fenológicos: Siembra, emergencia, vegetativo, floración, maduración, senescencia y cosecha (Figura 1).

Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa.

De acuerdo con la zona productiva del cultivo de papa, se define un área de trabajo (Figura 2) donde se incluye el municipio de Villapinzón y los municipios aledaños de Umbita, Turmequé, Lenguazaque, Ubaté, Sutatausa y Cucunuba. Estos municipios en la región andina son considerados importantes áreas de producción agrícola y

servirán como zonas de referencia para la clasificación, abarcando una representación variada de cultivos y condiciones geográficas que enriquecerán el análisis y aumentarán la precisión en la identificación de los cultivos de papa.

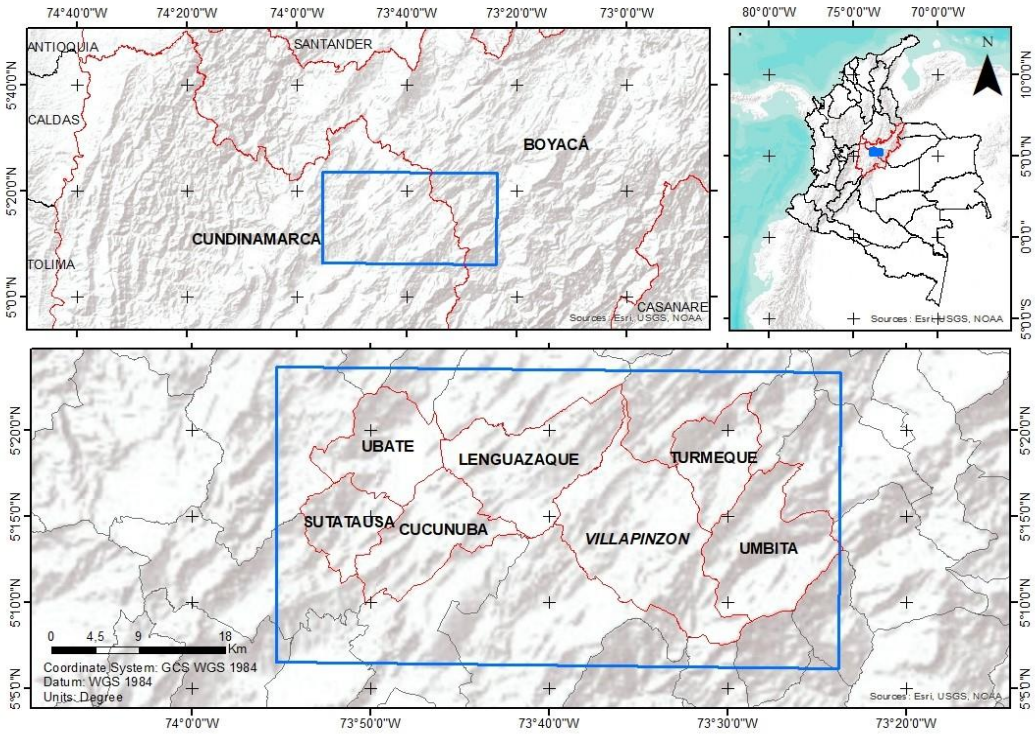


Figura 2. Área de trabajo para piloto.

1. Imágenes satelitales SAR

Descarga de imágenes satelitales SAR - Sentinel 1: Se utilizaron imágenes de radar de apertura sintética (SAR) de la misión satelital Sentinel-1A de la Agencia Espacial Europea (ESA). Este satélite opera en la banda C del espectro de microondas y captura imágenes con una resolución espacial de hasta 5x20 metros. Específicamente, se emplearon productos del modo Interferométrico de Ancho de Banda (IW) en formato Geocodificado de Detección de Amplitud (GRD), un modo diseñado para aplicaciones de monitoreo terrestre de alta resolución (ESA, 2024). Este formato permite la observación detallada de superficies, independientemente de las condiciones meteorológicas o de iluminación, lo cual es ideal para zonas con alta nubosidad, como la región andina colombiana. En total, se descargaron doce imágenes de Sentinel-1A desde Copernicus Open Access Hub, correspondientes al período del 1 de julio de 2024 al 30 de noviembre de 2024 (Tabla 1). Estas imágenes fueron preprocesadas para eliminar ruido y corregir distorsiones geométricas, permitiendo su integración con imágenes ópticas para obtener una visión completa y mejorar la precisión en la clasificación de los cultivos.

Tabla1. Imágenes descargadas de satélite Sentinel 1.

Misión	Dirección de vuelo	Número de imágenes	Fecha de captura
1A	Descendente	12	01/07/2024, 13/07/2024, 25/07/2024, 18/08/2024, 30/08/2024, 11/09/2024, 23/09/2024, 5/10/2024, 17/10/2024, 29/10/2024, 10/11/2024, 22/11/2024

Preprocesamiento de imágenes satelitales SAR Sentinel 1.: Antes de iniciar el preprocesamiento completo de las imágenes SAR, se realiza un subset o recorte de cada imagen para definir la zona de interés específica del estudio. Este proceso de subset permite seleccionar únicamente el área geográfica de interés optimizando los recursos computacionales. Al reducir el tamaño de las imágenes a procesar, se facilita el manejo y el almacenamiento de los datos, además de hacer más eficiente el flujo de trabajo en los siguientes pasos de preprocesamiento. Para garantizar la precisión y calidad de las imágenes de radar, se siguió un flujo de trabajo específico que consta de nueve pasos para su preprocesamiento en Sentinel Application Platform (SNAP). A continuación, se detalla cada uno de los pasos:

Archivo Corrección de Órbita:

La corrección de órbita asegura que la ubicación de cada píxel en la imagen corresponda correctamente a su posición en la superficie terrestre. Sin esta corrección, la imagen puede presentar errores de posición que afectan la precisión en el análisis espacial.

Se aplican archivos de corrección de órbita a cada imagen para alinear los datos con la posición y trayectoria precisas del satélite en el momento de la captura.

Eliminación de Ruido Térmico:

Este paso mejora el contraste y la claridad en las imágenes de radar al reducir el "ruido" térmico, que puede distorsionar la información de los cultivos. Esto es especialmente relevante en estudios agrícolas, donde la precisión en la detección de variabilidad del terreno es importante.

Se eliminan las interferencias causadas por variaciones de temperatura en los componentes del sensor y en el ambiente. Además, se evalúa la intensidad en las polarizaciones VV y VH para ajustar el ruido y mejorar el contraste y claridad en cada polarización

Eliminación de Ruido de Borde:

Esta eliminación de ruido evita que los artefactos de borde interfieran en el análisis, asegurando que solo se consideren los datos válidos en el centro de la imagen.

Se corrige el ruido en los bordes de la imagen, ajustando la hora de inicio de la captura para compensar la curvatura de la Tierra, lo que elimina datos no válidos en los bordes de la escena.

4. Calibración de Retrodispersión:

La retrodispersión calibrada es esencial para medir correctamente la intensidad de señal reflejada desde la superficie. Este proceso permite interpretar los datos de radar en términos físicos, proporcionando información detallada sobre las características de la superficie (como estructura y humedad del dosel vegetal).

Se calibra cada píxel para transformar sus valores digitales en mediciones precisas de retrodispersión, utilizando coeficientes de sigma naught (σ0) y beta naught (β0).

5. Filtrado de Manchas ("Sal y Pimienta"):

Este filtrado es necesario para suavizar la imagen y evitar que el ruido residual distorsione la interpretación visual o estadística de los datos, especialmente en análisis donde la homogeneidad es clave, como en la clasificación de cultivos (Filipponi, 2019).

Se aplica un filtro que reduce el efecto de "sal y pimienta", causado por interferencias de onda, mejorando así la calidad visual de la imagen.

6. Aplanamiento del Terreno:

Este paso es fundamental para estudios en áreas montañosas, como la región andina, donde el brillo exagerado puede ocultar detalles importantes. El aplanamiento del terreno permite una representación más fiel de la superficie sin interferencias de pendiente (Small, 2011).

Se aplica un ajuste para minimizar el efecto escorzo, que aparece como brillo excesivo en zonas elevadas. Para ello, se usa la retrodispersión beta cero (β0), menos sensible a la pendiente que sigma cero (σ0).

7. Corrección del Terreno:

La corrección del terreno asegura que los datos reflejen con precisión la geografía real, algo crítico para el análisis de cultivos en zonas montañosas donde las distorsiones pueden ser más pronunciadas.

Se utiliza un Modelo Digital de Elevación (DEM) para corregir las distorsiones geométricas que ocurren en zonas de pendiente pronunciada y aspecto lateral debido a la topografía y perspectiva del sensor.

8. Conversión a Decibeles (dB):

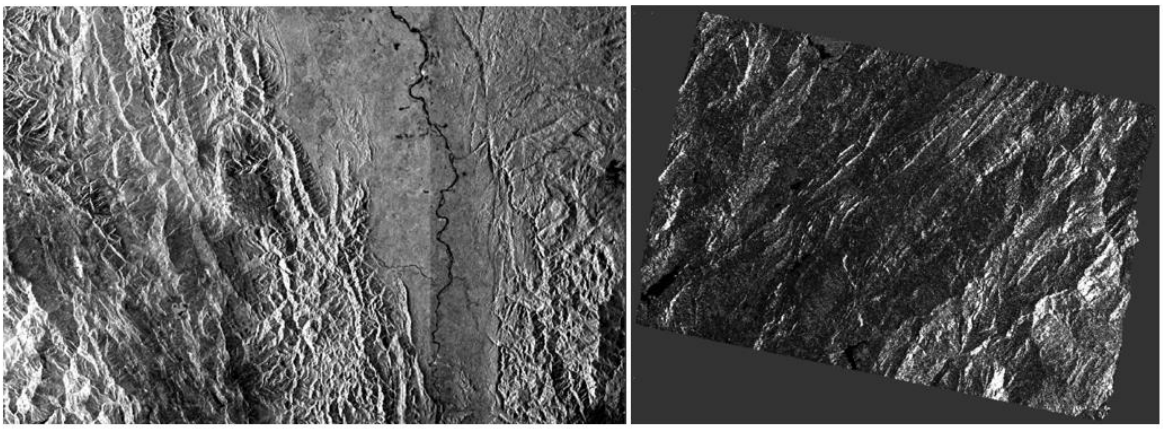
Esta conversión facilita la interpretación y comparación de los datos, ya que los decibeles ofrecen una escala de medición logarítmica que es más intuitiva y manejable, especialmente para observar pequeños cambios en la retrodispersión (Filipponi, 2019).

Se convierte la retrodispersión a decibeles (dB) mediante una transformación logarítmica.

9. Co-registro de Imágenes:

El co-registro permite realizar análisis multitemporales precisos, ya que asegura que cada píxel corresponde al mismo punto en todas las imágenes. Esto es esencial para monitorear cambios en los cultivos a lo largo del tiempo.

Se alinean las imágenes tomadas en distintas fechas para asegurar que los puntos en todas las escenas coincidan espacialmente, asegurando la correspondencia exacta de puntos entre imágenes, facilitando un análisis multitemporal detallado y el seguimiento de cambios.



a. Imagen radar sin procesar b. Imagen radar procesada

Figura 3. Ejemplo de imagen de radar a) sin procesar y b) procesada

Imágenes satelitales ópticas - Sentinel 2.

El propósito de trabajar con imágenes satelitales ópticas es que sean gratuitas y de la mejor resolución espacial, espectral y temporal. Imágenes gratuitas se pueden obtener de los satélites Sentinel 2 de la Agencia espacial europea (ESA) y Landsat 8 de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y el servicio nacional geológico (USGS) de los Estados Unidos. Para este proyecto se ha decidido trabajar con las imágenes de Sentinel 2 porque tienen mejor resolución espacial (10 m) comparado con Landsat 8 (30 m).

3.1. Descarga de imágenes satelitales Sentinel 2.

Se descargaron imágenes del satélite Sentinel 2 desde la plataforma Sentinel Hub, dentro del trimestre del 01 de julio a 30 de noviembre. Se seleccionaron imágenes que para el área de estudio tuvieran hasta un 60% de nubosidad. En la tabla 2 se muestra las imágenes disponibles con los parámetros específicos para la zona de estudio.

Tabla2. Imágenes descargadas de satelite Sentinel 2.

Misión	Bandas	Número de imágenes	Fecha de captura

Sentinel 2	Azul (B2), verde (B3), rojo (B4 y B5), ultrarojo (B6), rojo lejano (B7), infrarrojo cercano (B8), infrarrojo cercano dos (B8A), onda corta infrarrojo (B11) y onda corta infrarrojo dos (B12)	13	01/07/2024, 11/07/2024 05/08/2024, 30/08/2024 04/09/2024, 09/09/2024 19/09/2024, 24/09/2024 29/09/2024,04/10/2024 14/10/2024, 13/11/2024 18/11/2024.

3.2. Preprocesamiento de imágenes satelitales Sentinel 2.

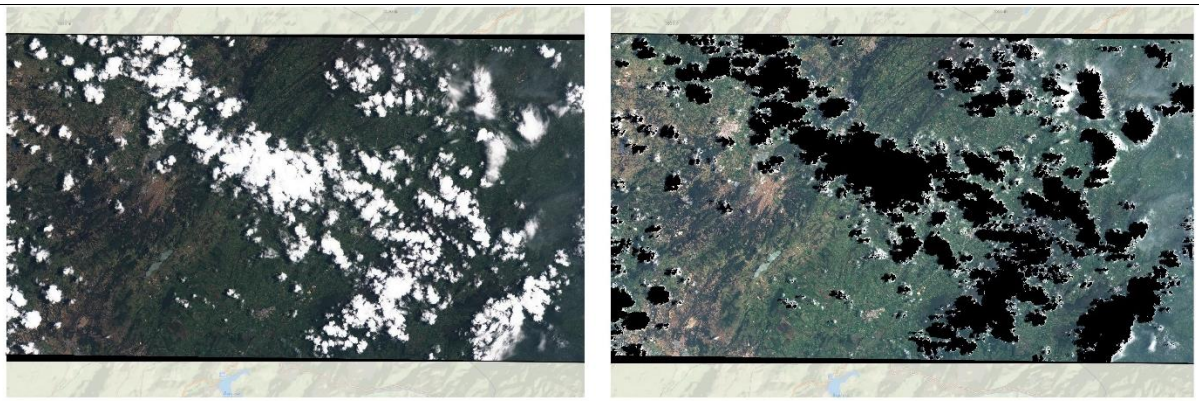
Luego de la descarga se inicia con el preprocesamiento de las imágenes y se hacen las respectivas correcciones. A continuación se muestra el flujo de trabajo.

La primera corrección es la atmosférica, según Chraibi et al. (2022), los métodos de corrección atmosférica que producen reflectancia del fondo de la atmósfera son fundamentales para garantizar la consistencia temporal de los productos de nivel superior y una sensibilidad óptima a los cambios en las propiedades de la vegetación. Por esta razón, aunque tenemos imágenes de nivel 2 con reflectancia de superficie, se aplicara al menos un método de corrección, se compararán los valores de reflectancia de Sentinel 2, corregidas y sin corregir, en los sitios donde sabemos se encuentran cultivos de papa, con el fin de identificar la variación de reflectancia en las diferentes bandas y si son consistentes o cual representa mejor al cultivo de papa.

El siguiente paso es la corrección geométrica, las imágenes se descargaron en coordenadas geográficas en el sistema de coordenadas WGS 84, a medida que se avance en el proceso de clasificación, se definirá en que proyección se trabajarán las coordenadas.

La corrección topográfica es otro paso importante ya que al trabajar con zonas de alta pendiente puede influir en la respuesta de los índices y en los resultados de la clasificación. Para aplicar esta corrección se debe contar con un modelo digital de elevación en el mismo sistema de referencia en el cual se encuentran las imágenes sentinel 2. Se probarán dos métodos que se usan en terrenos con pendientes pronunciadas, uno es el Modelo Minnaert y el otro es Modelo Sun-Canopy-Sensor (SCS). Seleccionaremos el que mejor se comporte al calcular los índices de vegetación y en la clasificación.

Una vez corregidas las imágenes, se procede a eliminar las nubes y las sombras (Figura 4). Cada conjunto de bandas de una fecha específica incluye una banda de clasificación que identifica áreas como nubes, sombras, agua y vegetación. A partir de esta banda se genera una máscara de las clases nubes y sombras, la cual se emplea para realizar el recorte de las nubes y sombras en cada una de las imágenes descargadas.



a) Imágen optica de Sentinel 2 (04-09-24) sin procesar. b) Imágen optica de Sentinel 2 (04-09-24) con procesamiento.

Figura 4. Ejemplo de imagen óptica a) sin procesar y b) procesada

Adicional a cada una de las bandas con las que cuentan los satélites, en las imágenes sin sombras ni nubes, se calcularan índices de vegetación que se han usado para identificar cultivos de papa en imágenes satelitales (Gómez et al. 2019) tales como índice de reflectancia de antocianinas (ARI), índice de reflectancia de carotenoides (CRI2), índice de clorofila de borde rojo invertido (IRECI), índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación senescente diferencial normalizado (NDSVI), índice de vegetación resistente a la atmósfera y al suelo (SARVI). Al final se tomarán las bandas o índices de mayor importancia para la clasificación del cultivo, dejando de lado aquellas que puedan generar ruido o aumentar el costo computacional.

Al tener las imágenes preprocesadas se realizará un agrupamiento multitemporal correspondiente a la época de siembra de cultivo de papa (marzo – septiembre o septiembre-marzo) y se realizará una fusión o combinación con las imágenes de Sentinel 1 y Sentinel 2. La fusión permitirá minimizar el error por la alta presencia de nubes y las zonas con pendiente pronunciada. Los algoritmos de clasificación se aplicarán al ráster generado en la fusión con las imágenes satelitales.

Fusión o combinación de imágenes

La definición general de fusión es la generación de productos híbridos mediante la combinación de imágenes adquiridas a diferentes resoluciones espaciales (Chuvieco, 2016). La fusión de imágenes es la combinación de dos o más imágenes diferentes, que trata datos e información de diferentes fuentes, para formar una nueva imagen con información mejorada para la toma de decisiones, utilizando un algoritmo determinado. Se han desarrollado varios métodos que permiten usar imágenes de diferentes sensores, combinando o fusionando datos que mejoran la calidad de la información que se puede obtener de una sola imagen (Vijayaraj et al., 2006).

En algunos casos es claro que una sola imagen puede tener vacíos que no permiten hacer un análisis adecuado, pero al complementar con información relevante de otras imágenes, inclusive de épocas distintas, se puede obtener una mejor versión y realizar un adecuado análisis. Sin embargo, no es una tarea fácil, es un desafío aplicar los métodos para combinar o fusionar de manera efectiva, las propiedades de los objetos de la superficie proporcionadas por el sensor óptico (S2) y las características estructurales de los elementos del paisaje

proporcionadas por el sensor de radar (S1), es decir, se pueden considerar complementarios con respecto a la tarea de mapeo de la cobertura del suelo (Ienco et al., 2019).

Al fusionar las imágenes satelitales SAR y ópticas se reduce la perdida de información por la alta presencia de nubes y las pendientes pronunciadas. Existen métodos tradicionales o básicos como análisis de componentes principales y transformación de promedio ponderado (WA). En estos métodos no hay descomposición o transformación de las imágenes de origen. Existen otros métodos de transformación multiescala como la transformación Wavelet (WT), que descompone la imagen de origen y se ha usado para la detección de cultivos (Li *et al*, 2021).

Georreferenciación y digitalización de lotes en Villapinzón, Cundinamarca

Como parte del proceso de análisis y clasificación de cultivos, se realizó una visita de campo al municipio de Villapinzón con el fin de georreferenciar y digitalizar los diferentes lotes. Durante esta visita, se identificaron y registraron las coordenadas exactas de los lotes destinados al cultivo de papa y otras clases relevantes para la clasificación de imágenes.

Estos lotes fueron posteriormente digitalizados y organizados en un sistema de información geográfica, generando shapes que representan la delimitación precisa de cada lote. Además, se asignaron diferentes clases a los lotes en función de las características observadas en campo, lo cual permite contar con datos de referencia confiables y validados para el entrenamiento de algoritmos de clasificación en las imágenes satelitales.

Se identificaron 136 polígonos en el municipio de Villapinzón de un total de 220. Los polígonos restantes se distribuyen en los municipios de Ubaté, Sutatausa y Cucunubá. Los polígonos identificados fueron distribuidos en diferentes clases según el tipo de cobertura y uso del suelo. Las clases y la cantidad de polígonos digitalizados se presentan la tabla 3.

Tabla 3. Clases definidas para identificación de cultivos de papa.

Clases	Cantidad de polígonos
Cultivo papa	108
Pastos	29
Otros usos	83

A continuación, se presenta un mapa que muestra la distribución de los polígonos identificados en el área de estudio, cubriendo las zonas correspondientes a las imágenes descargadas. En el mapa se evidencia la ubicación geográfica de los polígonos en Villapinzón, Ubaté, Sutatausa y Cucunubá, lo cual permite visualizar la extensión y distribución de las distintas clases de cobertura registradas en campo. Este mapa sirve como referencia visual para la interpretación y análisis de los datos recopilados en el proyecto hasta noviembre de 2024.

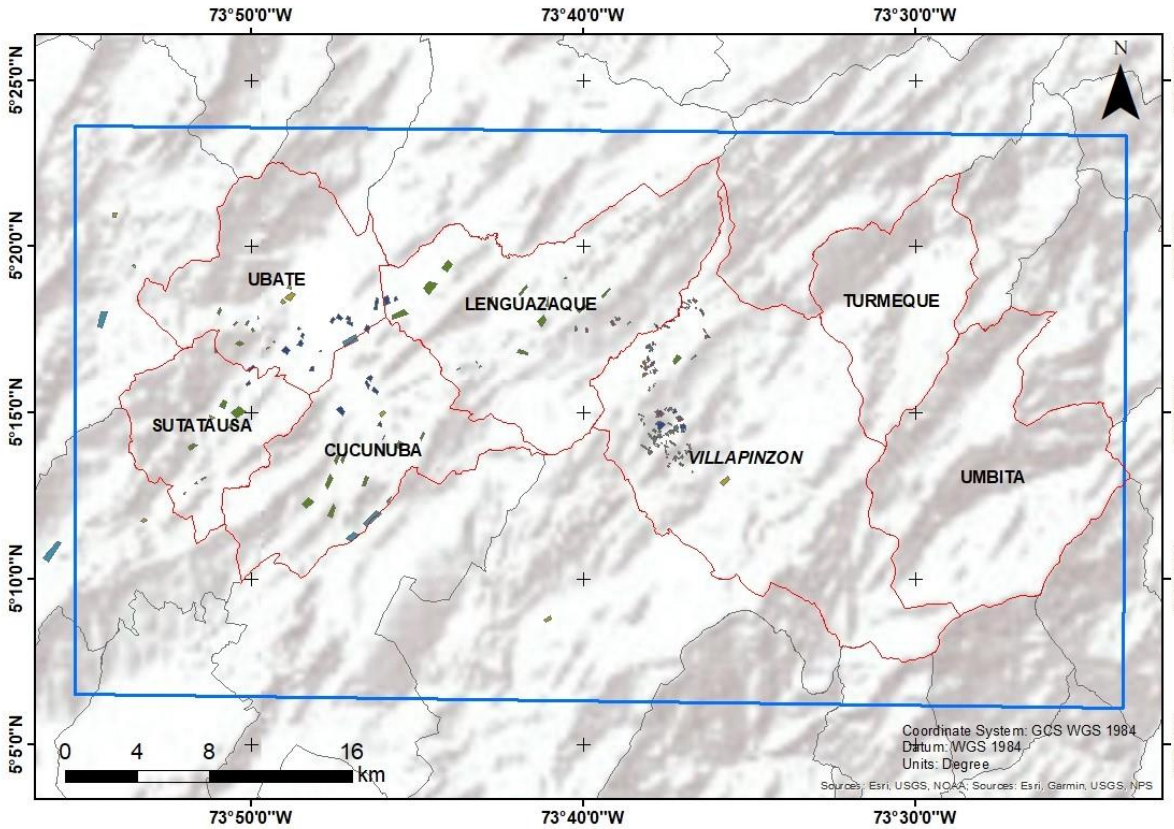


Figura 5. Sitios de referencia con las diferentes clases.

Actualmente, el equipo continúa con la recolección de datos de campo en el área de estudio para mejorar la precisión y calidad de la información recopilada. Estos datos adicionales permiten actualizar y enriquecer la base de datos geoespacial con detalles relevantes para la clasificación de cultivos y el análisis de cobertura del suelo. Paralelamente, se está digitalizando esta información en forma de shapes, creando polígonos georreferenciados que representan las diferentes clases de cobertura identificadas.

Una clasificación detallada se obtiene con datos de referencia robustos para el entrenamiento y validación de los algoritmos de clasificación de imágenes, proporcionando una representación precisa de cada tipo de cobertura en el área de estudio, permitiendo establecer un vínculo entre los datos satelitales y las condiciones reales de los cultivos en el terreno.

Referencias:

Chraibi, E., Boissieu, F., Barbier, N., Luque, S. and Féret, JB. 2022. Stability in time and consistency between atmospheric corrections: Assessing the reliability of Sentinel-2 products for biodiversity monitoring in tropical forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 112, ISSN 1569-8432, https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102884.

Chuvieco, E. (2016). Fundamentals of satellite remote sensing. In Fundamentals of Satellite Remote

Sensing. https://doi.org/10.1201/b18954

ESA. (2024). *S1 Mission*. https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-mission.
ESRI. (2024). Introducción a SAR. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/introduction-to-synthetic-aperture-radar.htm
Filipponi, F. 2019. Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *Proceedings*, *18*(1), 11. https://doi.org/10.3390/ecrs-3-06201
Gómez, Diego, Pablo Salvador, Julia Sanz, and Jose Luis Casanova. 2019. "Potato Yield Prediction Using Machine Learning Techniques and Sentinel 2 Data" Remote Sensing 11, no. 15: 1745. https://doi.org/10.3390/rs11151745
Li, D., Song, Z., Quan, C., Xu, X., & Liu, C. (2021). Recent advances in image fusion technology in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 191(November 2020), 106491. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106491
Small, D. 2011. Flattening gamma: Radiometric terrain correction for SAR imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *49*(8), 3081–3093. https://doi.org/10.1109/TGRS.2011.2120616
Sundar, C., & Gupta, P. (2010). Satellite remote sensing of particulate matter air quality: The cloud-cover problem. Journal of the Air and Waste Management Association, 60(5), 596–602. https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.5.596

Conclusiones

- Se han descargado imágenes de los sensores Sentinel 1 (radar SAR) y Sentinel 2 (ópticas), de julio a noviembre de 2024.
- Se ha definido una ruta de trabajo para preprocesamiento de imágenes satelitales ópticas y de radar, quedando listas para proceso de fusión y/o combinación de imágenes y luego clasificación del cultivo de papa.
- Se ha definido el área de trabajo para primer acercamiento a la clasificación o un piloto de dicha metodología. Allí se tomará información de referencia en campo, datos que se necesitan para ejecutar los algoritmos de clasificación.

Recomendaciones - Pasos a seguir

- Luego de tener los polígonos de referencia en campo, se procede a hacer la clasificación. En esta etapa se definen los métodos, es decir qué tipo de fusión o combinación se va a emplear, y también los algoritmos de clasificación a usar. Se realizarán algunas pruebas y se seleccionara el que muestre mejores métricas de exactitud.

Evidencias – Anexos

Tabla 16 Establecimiento de un protocolo de termoterapia

Componente
2
Eje
3
Actividad
3.2.2
Tipo de herramienta – Laboratorio

Laboratorio

Nombre

Termoterápia

Objetivo

Establecer un protocolo de termoterapia para la limpieza sanitaria de virus en materiales de papa como estrategia para la obtención de material libre de virus.

Justificación

Como estrategia para contribuir a la seguridad alimentaria y a la cadena productiva de la papa, se requiere contar con material de siembra libre de enfermedades, que permita mejorar la productividad, competitividad y la reducción del uso de productos de síntesis química.

Actores involucrados

Investigadores Agrosavia

Metodología

Se están evaluando cuatro variedades de papa, dos correspondientes al grupo andígena y dos del grupo phureja.Como antecedente, para el grupo andígena se seleccionaron las variedades Agrosavia Mary y Perla Negra. Las plántulas de las dos variedades fueron obtenidas de la introducción y multiplicación de meristemos apicales y axilares a partir de tubérculos crecidos en materas bajo condiciones controladas de invernadero procedentes de la colección de campo del Banco de Germoplasma de papa. Las dos variedades fueron sometidas a diagnóstico sanitario para los virus PVX, PVY, PLRV, PYVV, PMTV y PVS mediante RT-PCR.

Resultados

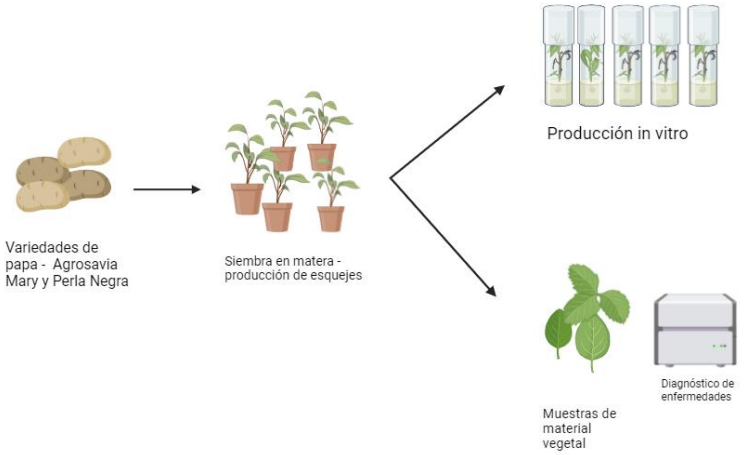
Resultados de las variedades positivas mediante diagnóstico por RT-PCR.

Variedad	Primer	Resultado/ positivo
Agrosavia Mary		PVY - PLRV
Perla Negra		PVY - PVX

Con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico, estas dos variedades son las seleccionadas para ser evaluadas a través de la estrategia de termoterapia.

Para el caso de las Phurejas, se va a realizar un muestreo en campo para la búsqueda de material con síntomas asociados a enfermedades virales.

1. Se estableció el diseño experimental para el montaje del ensayo número 1 de termoterapia.



El diseño experimental es completamente al azar (DCA). Para esto, se evaluaran dos variedades de papa: Agrosavia Mary y Perla Negra. La evaluación de material por cada variedad es 5 plantas, de las cuales se realizará la extracción de 20 meristemos, los cuales se propagan en condiciones *in vitro* y serán sometidas a las condiciones de termoterapia, estableciendo la siguiente metodología: 18 días a 36°C con 50% HR, fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad, con una intensidad lumínica de 5.600 lux aproximadamente; luego permanecieron 12 días a 28°C con las mismas condiciones de humedad y fotoperiodo. De las mismas plantas, se extrae material vegetal (hojas) para el diagnóstico de los siguiente virus PVX, PVY, PLRV, PYVV, PMTV y PVS mediante RT-PCR.

El diseño experimental es completamente al azar (DCA). Para esto, se evaluaran dos variedades de papa: Agrosavia Mary y Perla Negra. La evaluación de material por cada variedad es 5 plantas, de las cuales se realizará la extracción de 20 meristemos, los cuales se propagan en condiciones *in vitro* y serán sometidas a las condiciones de termoterapia, estableciendo la siguiente metodología: 18 días a 36°C con 50% HR, fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad, con una intensidad lumínica de 5.600 lux aproximadamente; luego permanecieron 12 días a 28°C con las mismas condiciones de humedad y fotoperiodo. De las mismas plantas, se extrae material vegetal (hojas) para el diagnóstico de los siguiente virus PVX, PVY, PLRV, PYVV, PMTV y PVS mediante RT-PCR.

Para el análisis estadístico se analizará la normalidad y la homocedasticidad de los resultados se determinaron mediante las pruebas de Shapiro Wilks (95%) y Bartlett (95%), respectivamente. Una vez demostrados estos principios, se procedió a realizar un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación de medias de Tukey (95%) utilizando el programa Statistix versión 7.0 (Analitycal Software, Florida, USA).

1. Multiplicación in vitro de las variedades Agrosavia Mary y Perla Negra, para la obtención de 30 plántulas para el montaje del ensayo uno, imagen 1 y 2. El material es multiplicado en medio Murashige y Skoog e incubado en un cuarto de crecimiento a 20°C, fotoperiodo de 16 horas luz.

   Se realizó el seguimiento al crecimiento in vitro de las plantas multiplicadas de Perla Negra y Agrosavia Mary, observándose plantas de 5 a 7 nudos, con desarrollo foliar y radicular. De los anteriores cultivos, se individualizaron 30 plantas en tubos de ensayo, cada una con tres nudos de crecimiento. De estas, 20 fueron llevadas a cámara climática por 18 días a 36°C con 50% HR, fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad, con una intensidad lumínica de 5.600 lux aproximadamente y 10 tubos fueron incubados en cuarto de crecimiento como control absoluto a 20 °C con 50% HR, fotoperiodo de 16 horas luz. Actualmente, todas las plantas se encuentran en crecimiento y observación.

Evidencia fotográfica

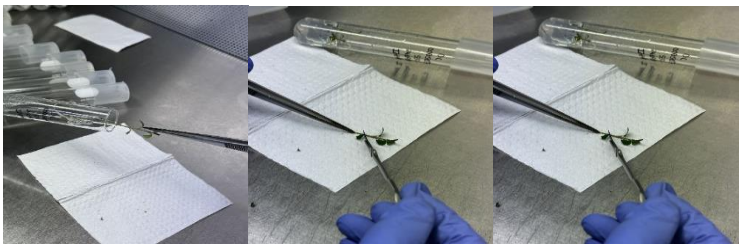


Imagen 1. Proceso de micropropagación de la variedad Perla Negra.

Imagen 2. Plántulas de Perla Negra en medio de multiplicación.

V

Imagen 3. Tratamiento de termoterapia a plántulas de papa Perla Negra y Agrosavia Mary en cámara climática.

Lecciones y acciones futuras
Es importante iniciar con la búsqueda de productores de papa que cuenten en campo con las variedades de interés de este estudio, para coordinar una visita guiada en campo para la búsqueda de material sintomático para problemas asociados a virus.

Tabla 17. Implementaciones de parcela experimental: sistemas de multiplicación de material, Grupo Phureja

Componente
2
Eje
3
Actividad GCF
Actividad 3.2.2. Multiplicación de materiales - **Evaluar sistemas de multiplicación de material (plántulas, esquejes y minitubérculos) Grupo Phureja**
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Ensayo
Sistema Productivo

Papa

Descripción

Se están evaluando tres técnicas de producción de plántulas (plántulas in vitro provenientes del laboratorio, plántulas a partir de esquejes y plántulas a partir de minis) y cuatro genotipos del Grupo Phureja (Criolla Colombia, Sol Andina, Agrosavia Estrella y Agrosavia Alhaja). Se utiliza un diseño de parcelas divididas en bloques al azar donde la parcela principal es el genotipo y la subparcela la técnica de multiplicación con cuatro repeticiones, en total se tienen 12 tratamientos: cuatro genotipos por tres técnicas de producción de plántulas. La unidad experimental son 10 plántulas.

Justificación

Ante la necesidad de producir tubérculos de alta calidad genética y fitosanitaria, así como de abastecer las demandas de semillas y favorecer la productividad, se ha implementado la técnica de la aeroponía. Esta técnica permite obtener rendimientos más altos con mayor rapidez y a menor costo. Es una alternativa eficiente para producir semillas de papa con mejor calidad sanitaria y fisiológica, especialmente en países en desarrollo donde el acceso a semillas de calidad es limitado. En la legislación colombiana para la producción de semilla de papa se permiten dos ciclos para cada una de las categorías superélite y élite. Una de las alternativas para disminuir el costo de las plántulas, es producirlas a partir de material que ya tiene en producción como plántulas o minitubérculos superélite. Los minitubérculos categorías 3ª y 4ª exigen un mayor cuidado en su establecimiento, por tanto, es mejor aprovecharlos en el mismo sistema de producción de semilla Fase I, bien sea como minitubérculos que se siembran para producir plántulas o yemas de las plántulas que están en aeroponía y que se ponen a enraizar para obtener nuevamente plántulas que se puedan utilizar en el sistema de producción de aeroponía.

Materiales y equipos comprados para la implementación

Registro fotográfico

Ubicación del invernadero donde está ubicado el experimento, lote 65 C.I. Tibaitatá, Agrosavia

Ensayo en el que se ven las 3 de las variedades (Agrosavia Alhaja, Agrosavia Estrella y Criolla Colombia) ubicado en el Invernadero 25B, Lote 65 C.I. Tibaitatá

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

El experimento para evaluación del material de origen está establecido en los módulos 3, 4, 5 y 6 del invernadero 25B, lote 65 del C.I. Tibaitatá, en el km 14 vía Bogotá – Mosquera, en Mosquera, Cundinamarca. 4.693917, -74.209330

Resultados

- El experimento en campo fue establecido en el inv 24B lote 65.
- El trasplante a las camas se realizó el 8 de agosto.
- Se ha realizado el manejo agronómico (fertilización, podas, manejo sanitario, tutorado) de acuerdo con el estado fenológico actual de las plantas.
- Algunas plantas están iniciando floración.

un periodo de tres semanas, con intervalos de ocho días. Además, se evaluó la altura de las plantas en producción.

Plantas de Agrosavia Alhaja en floración y evaluación de altura de plantas.

- Durante el experimento se realizaron tres cosechas, en las cuales se evaluaron los minitubérculos obtenidos en cada tratamiento, considerando las siguientes variables: peso total de minitubérculos, número total de minitubérculos por categoría, número total de minitubérculos por tratamiento, y número total de minitubérculos deformados o descartados.

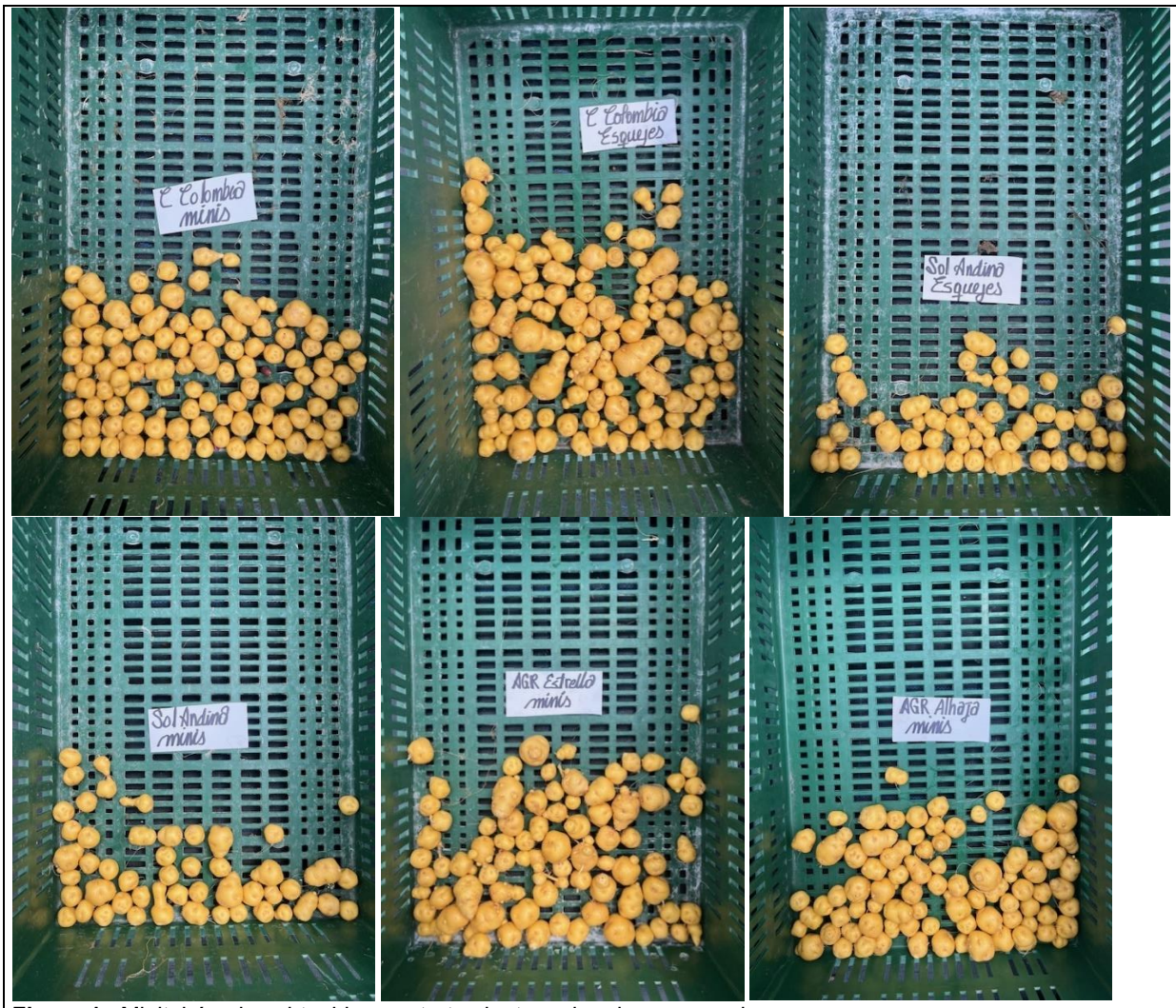


Figura 1.. Minitubérculos obtenidos por tratamiento en la primera cosecha

Conclusiones

Recomendaciones - Pasos a seguir

Se continuará avanzando con las mediciones y muestreos propuestos en función de estado fenológicos de los genotipos establecidos en el experimento de campo.

Evidencias

- Libro de campo del ensayo

Tabla 18. Implementaciones de parcela experimental: sistemas de multiplicación de material, Grupo Andígena

Componente
2
Eje
3
Actividad GCF
Actividad 3.2.2. Multiplicación de materiales - **Evaluar sistemas de multiplicación de material (plántulas, esquejes y minitubérculos) Ensayo andígenas**
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Ensayo
Sistema Productivo
Papa
Descripción

Este ensayo consiste en la evaluación del desarrollo de diferentes materiales de papa con 3 procedencias (tratamientos): plántulas in-vitro, mini tubérculos y esquejes, durante 25 días aproximadamente.

Descripción de los tratamientos:

Tratamiento	Descripción
Plántulas In-vitro	Plántulas obtenidas en laboratorio a partir de meristemos.
Mini tubérculos	Plantas obtenidas de mini tubérculos en el endurecimiento. Se retira la semilla al momento de trasplante en el área de aeroponía.
Esquejes	Plantas obtenidas a partir de yemas de hojas de mini tubérculos. La obtención se realiza a los 45-50 días después de siembra.

Se realizarán 2 ensayos: en el primero se evaluarán estos 3 tratamientos en materiales del Grupo a Andígena y en el segundo se evaluarán en materiales del Grupo Phureja.

Ensayo 1: Se realizará la evaluación de los 3 tratamiento en 5 cultivares de papa del Grupo Andígena, con 5 repeticiones de 12 plantas por Unidad Experimental:

Grupo	Cultivar	Procedencia	Repeticiones	UE (pl/rep)	Total plantas
Andígena	DC – Diacol Capiro	3	5	12	180
	AM – Agrosavia Mary	3	5	12	180
	IU – Ica Única	3	5	12	180
	Ru – Rubí	3	5	12	180
	Su – Superior	3	5	12	180

Diseño experimental

Por cada ensayo se llevará a cabo un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar donde la parcela principal es el genotipo y la subparcela la procedencia del material vegetal con cinco repeticiones.

Variables a evaluar

Se realizarán 2 muestreos por semana, cada 4 días a partir del día de siembra en donde se evaluarán las siguientes variables:

- Longitud radicular
- Longitud de la plántula
- Diámetro del tallo
- Número de hojas verdaderas
- Tiempo de endurecimiento hasta trasplante (Las plántulas óptimas para trasplante deben ser homogéneas, vigorosas, con hojas verdaderas, con raíz de 10-15 cm y longitud de tallo de 10-15 cm).
- Presencia o ausencia de problemas fitosanitarios.
- Registro fotográfico.

Posterior al endurecimiento, se llevarán las plantas a siembra en el invernadero 65 de aeroponía, en donde se realizarán muestreos cada 15 días. Las variables a evaluar son las siguientes:

- Número de tubérculos totales y por categoría por planta (en cada cosecha).
- Días a floración.
- Longitud de la planta.
- Registro fotográfico.

Justificación

Ante la necesidad de producir tubérculos de alta calidad genética y fitosanitaria, así como de abastecer las demandas de semillas y favorecer la productividad, se ha implementado la técnica de la aeroponía. Esta técnica permite obtener rendimientos más altos con mayor rapidez y a menor costo. Es una alternativa eficiente para producir semillas de papa con mejor calidad sanitaria y fisiológica, especialmente en países en desarrollo donde el acceso a semillas de calidad es limitado.

En la legislación colombiana para la producción de semilla de papa se permiten dos ciclos para cada una de las categorías superélite y élite. Una de las alternativas para disminuir el costo de las plántulas, es producirlas a partir de material que ya tiene en producción como plántulas o minitubérculos superlélite. Los minitubérculos categorías 3ª y 4ª exigen un mayor cuidado en su establecimiento, por tanto, es mejor aprovecharlos en el mismo sistema de producción de semilla Fase I, bien sea como minitubérculos que se siembran para producir plántulas o yemas de las plántulas que están en aeroponía y que se ponen a enraizar para obtener nuevamente plántulas que se puedan utilizar en el sistema de producción de aeroponía.

Materiales y equipos comprados para la implementación

Se están produciendo las plántulas y se solicitan los materiales para la implementación de los ensayos.

Registro fotográfico

Ubicación del invernadero donde estará ubicado el experimento, lote 65 C.I. Tibaitatá, Agrosavia

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

El experimento para evaluación del material de origen para su endurecimiento se realizará en el área de endurecimiento en el invernadero 26C y posteriormente se trasplantarán en los módulos del invernadero 25A, lote 65 del C.I. Tibaitatá, en el km 14 vía Bogotá – Mosquera, en Mosquera, Cundinamarca. 4.693917, -74.209330

Resultados

Las siembras se realizaron el 18 de noviembre de 2024 en el área de endurecimiento del invernadero 26C. Los muestreos dieron inicio el 22 de noviembre y se han llevado a cabo 2 muestreos.
Se ha realizado el manejo agronómico (fertilización, manejo sanitario) de acuerdo con los monitoreos realizados a las plantas.

Cultivar	Plántulas In vitro	Minitubérculos	Esquejes

Ica Única			
Rubí			
Agrosavia Mary			
Pastusa Superior			

Figura 2. Plántulas obtenidas en al laboratorio, a partir de minitubérculos y esquejes.

Conclusiones
Se continuará llevando a cabo los muestreos semanales hasta el momento de trasplante.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Continuar con monitoreo de plagas y enfermedades, pendiente siembra en la semana del 16 al 20 de diciembre..
Evidencias
• Libro de campo del ensayo interno de Agrosavia y registro Fotográfico

Tabla 19. Implementaciones de parcela experimental: Sistemas de endurecimiento, Grupos Phureja y Andigena

Componente	
2	
Eje	
3	
Actividad GCF	
Actividad 3.2.2. Multiplicación de materiales - **Ensayos de endurecimiento**	
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros	
Ensayo	
Sistema Productivo	
Papa	
Descripción	
Los ensayos consisten en la evaluación del desarrollo de materiales in-vitro de papa en 3 sistemas de endurecimiento (tratamientos): raíz flotante o piscina, vasos y turba, y cámara húmeda en bandejas con turba, durante 25 días aproximadamente.	
Justificación	
Ante la necesidad de producir tubérculos de alta calidad genética y fitosanitaria, así como de abastecer las demandas de semillas y favorecer la productividad, se ha implementado la técnica de la aeroponía. Esta técnica permite obtener rendimientos más altos con mayor rapidez y a menor costo. Es una alternativa eficiente para producir semillas de papa con mejor calidad sanitaria y fisiológica, especialmente en países en desarrollo donde el acceso a semillas de calidad es limitado. En la legislación colombiana para la producción de semilla de papa se permiten dos ciclos para cada una de las categorías superélite y élite. Se debe buscar el mejor método para el endurecimiento de las plántulas recién sales del laboratorio. Se evaluarán tres métodos buscando para cada variedad el mejor sistema de endurecimiento.	
Materiales y equipos comprados para la implementación	
Tratamiento	**Descripción**
Piscina o raíz flotante	Es una piscina de endurecimiento donde las raíces están suspendidas en una lámina de agua de 3-4 cm con solución nutritiva de inicio con bajo contenido de elementos nutritivos.
Cámara húmeda y turba en bandejas de germinación	Es una infraestructura metálica en forma de mesa, cubierta por un plástico transparente. En su interior se colocan las plántulas en bandejas de germinación de 50 alvéolos con turba como sustrato. La cámara conserva una humedad alta permanentemente, por la acción de nebulizadores de 7,5 litros por minuto, se realizarán 4 nebulizaciones por día con una lámina de riego de 2mm para la primera semana, 1,5 mm para la segunda semana y de 1,0 mm en la tercera y cuarta semana.
Vasos plásticos y turba	Se utilizarán vasos blancos de 12 onzas donde se sembrarán las plantas en turba y se cubrirán con vasos transparentes de 10 onzas.

Se realizarán 2 ensayos: en el primero se evaluarán estos 3 sistemas de endurecimiento en materiales del Grupo a Andígena (Ensayo 4) y en el segundo se evaluarán en materiales del Grupo Phureja (Ensayo 5).

Ensayo 3.1: Se realizará la evaluación de los 3 sistemas de endurecimiento en 5 cultivares de papa del Grupo Andígena, con 5 repeticiones de 10 plantas por Unidad Experimental:

Grupo	Cultivar	Sistema endurecimiento	Repeticiones	UE (pl/rep)	Total plantas
Andígena	DC – Diacol Capiro	3	5	10	150
	AM – Agrosavia Mary	3	5	10	150
	IU – Ica Única	3	5	10	150
	Ru – Rubí	3	5	10	150
	Su – Superior	3	5	10	150

Ensayo 3.2: Se realizará la evaluación de los 3 sistemas de endurecimiento en 4 cultivares de papa del Grupo Phureja, con 5 repeticiones de 10 plantas por Unidad Experimental:

Grupo	Cultivar	Sistema endurecimiento	Repeticiones	UE (pl/rep)	Total plantas
Phureja	CC – Criolla Colombia	3	5	10	150
	SA – Sol Andina	3	5	10	150
	AE – Agrosavia Estrella	3	5	10	150
	AA – Agrosavia Alhaja	3	5	10	150

Diseño experimental

Por cada ensayo se llevará a cabo un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar donde la parcela principal es el genotipo y la subparcela la técnica de endurecimiento con cinco repeticiones.

Variables a evaluar

Se realizarán 2 muestreos por semana, cada 4 días a partir del día de siembra en donde se evaluarán las siguientes variables:

- Longitud radicular
- Longitud de la plántula
- Diámetro del tallo
- Número de hojas verdaderas
- Tiempo de endurecimiento hasta trasplante (Las plántulas óptimas para trasplante deben ser homogéneas, vigorosas, con hojas verdaderas, con raíz de 10-15 cm y longitud de tallo de 10-15 cm).
- Presencia o ausencia de problemas fitosanitarios.
- Registro fotográfico.

Posterior al endurecimiento, se llevarán las plantas a siembra en el invernadero 65 de aeroponía, en donde se realizarán muestreos cada 15 días. Las variables por evaluar son las siguientes:

- Número de tubérculos totales y por categoría por planta (en cada cosecha).
- Días a floración.
- Longitud de la planta.
- Registro fotográfico.

Posterior al endurecimiento, se llevarán las plantas a siembra en el invernadero 65 de aeroponía, en donde se realizarán muestreos cada 15 días. Las variables a evaluar son las siguientes:

- Número de tubérculos totales y por categoría por planta (en cada cosecha).
- Días a floración.
- Longitud de la planta.
- Registro fotográfico.

Registro fotográfico

Figura 3. Ubicación del invernadero donde estará ubicado el experimento, lote 65 C.I. Tibaitatá, Agrosavia

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Los ensayos estarán ubicados en la zona de endurecimiento del invernadero 26 C del lote 65 C.I. Tibaitatá, Agrosavia en el km 14 vía Bogotá – Mosquera, en Mosquera, Cundinamarca. 4.693917, -74.209330

Resultados

Ante la necesidad de producir tubérculos de alta calidad genética y fitosanitaria, así como de abastecer las demandas de semillas y favorecer la productividad, se ha implementado la técnica de la aeroponía. Esta técnica permite obtener rendimientos más altos con mayor rapidez y a menor costo. Es una alternativa eficiente para producir semillas de papa con mejor calidad sanitaria y fisiológica, especialmente en países en desarrollo donde el acceso a semillas de calidad es limitado.En la legislación colombiana para la producción de semilla de papa se permiten dos ciclos para cada una de las categorías superélite y élite. Se debe buscar el mejor método para el endurecimiento de las plántulas recién sales del laboratorio. Se evaluarán tres métodos buscando para cada variedad el mejor sistema de endurecimiento. Se tienen planeado el experimento, se solicitaron las plántulas y se establecerá en la tercer semana del mes de diciembre.

Conclusiones

El experimento está planificado, los materiales están en proceso de compra y las plántulas están en proceso de producción. Se continuará por el ajuste de la metodología y lo términos de referencia para la vinculación de productores y organizaciones al eje 3 para la implementación de la tecnología uso de semilla de calidad

Recomendaciones - Pasos a seguir

Instalación de la piscina de endurecimiento y el alistamiento de bandejas y vasos con turba para la llegada y siembra de plántulas in vitro.

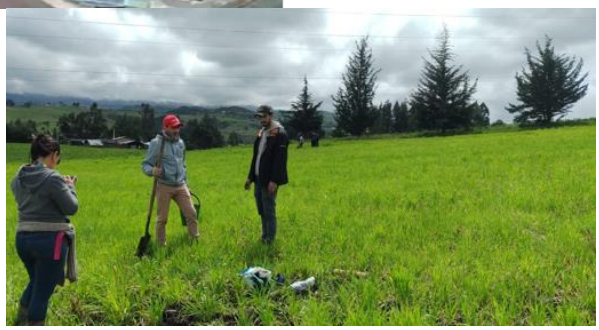
Evidencias

- Libro de campo internos del ensayo de Agrosavia

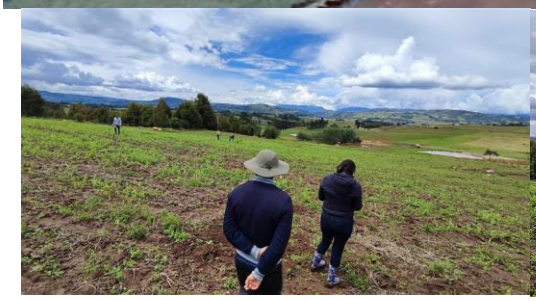
Tabla 20. Implementaciones de parcelas experimentales (unidades demostrativas) papa componente 2

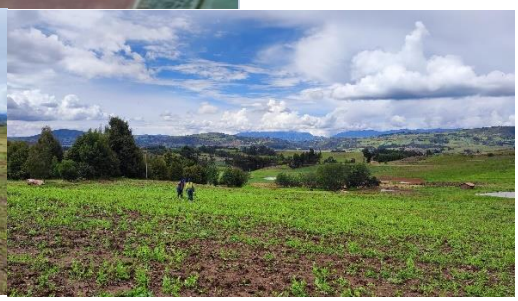
Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Parcelas demostrativas
Sistema Productivo
Papa
Descripción
La implementación y validación de sistemas/prácticas de producción sostenible que optimicen el uso de agua en el sistema productivo son evaluadas mediante la huella hídrica, el cual es un indicador de sostenibilidad que permite cuantificar el volumen de agua utilizada directa o indirectamente en un sistema productivo. Su evaluación permitirá identificar el impacto de las prácticas de manejo y los riesgos potenciales a los cuales se enfrentan los sistemas productivos. Asimismo, la cuantificación de las emisiones de GEI en el sistema productivo y la generación de factores de emisión en condiciones productivas especificas permitirá identificar los puntos críticos de mayores emisiones y así validar estrategias de producción sostenible con potencial mitigación. Las prácticas son evaluadas mediante la cuantificación de la huella de carbono. Entre los sistemas/prácticas con potencial uso eficiente de agua y reducción de emisiones GEI se encuentran las relacionadas a agricultura de conservación (labranza mínima, manejo de coberturas, rotación de cultivos), manejo racional de fertilizantes, tecnologías de aplicación de plaguicidas (drones), e irrigación (optimización de sistemas de riego y/o caudales reducidos). El monitoreo de la calidad, cantidad de agua empleada y emisiones de GEI en los sistemas productivos permitirá validar estas alternativas a nivel local y su potencial de implementación a nivel regional. La información generada dará soporte a la toma de decisiones para la adopción de prácticas en zonas específicas que eleve la capacidad de adaptación al cambio climático.
Justificación
El presente informe muestra los avances en la implementación de parcelas de monitoreo de huella hídrica y huella de carbono en cultivos de ubicados en Villapinzón (Cundinamarca) y Toca (Boyacá). Hasta la fecha de corte del presente informe, AGROSAVIA desde este componente se reporta los avances de la delimitación de las parcelas realizadas en conjunto con el personal de FEDEPAPA y monitoreo. La delimitación de las parcelas reportadas hasta el momento incluye el área tanto de la parcela convencional como del tratamiento alternativo.
Materiales y equipos comprados para la implementación
Al corte del 30 de noviembre las tareas ejecutadas por AGROSAVIA están orientadas a la toma de muestras y servicios de laboratorio.
Registro fotográfico
Parcelas Finca 1. Toca- Boyacá

Parcelas Finca 2. Toca- Boyacá

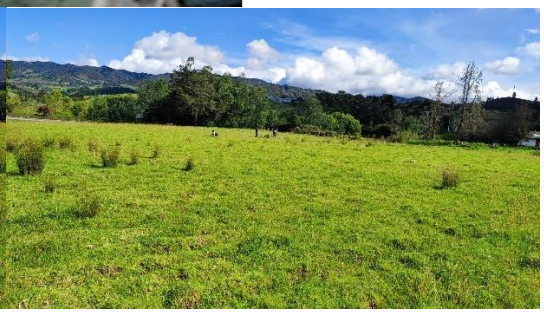


Parcelas Finca 3. Toca- Boyacá





Parcelas Finca 4. Villapinzón Cundinamarca

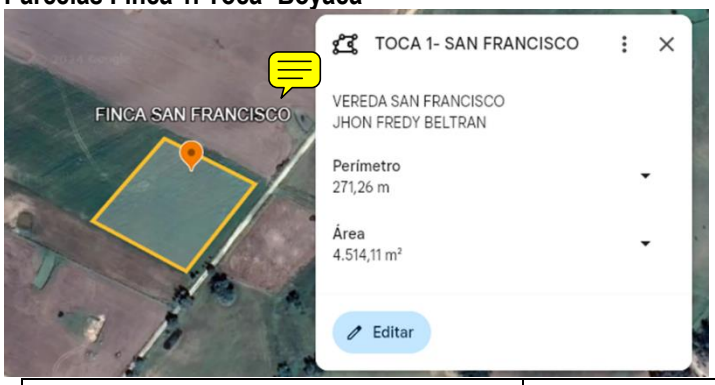


Parcelas Finca 5. Villapinzón Cundinamarca

Parcelas Finca 6. Villapinzón Cundinamarca

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Parcelas Finca 1. Toca- Boyacá



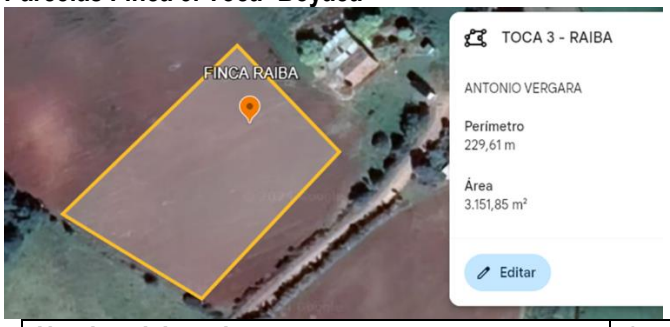
Nombre del productor	John Fredy Beltrán
Vereda	San Francisco
Altitud	2783 m
Coordenadas	5°34'48" N 73°13' 48" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas
Área	4514 m²

Parcelas Finca 2. Toca- Boyacá

Nombre del productor	Paola Yohana Correales
Vereda	Tuaneca
Altitud	2747 m
Coordenadas	5°33'36" N 73°12' 02" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas

Área	3509 m^2

Parcelas Finca 3. Toca- Boyacá

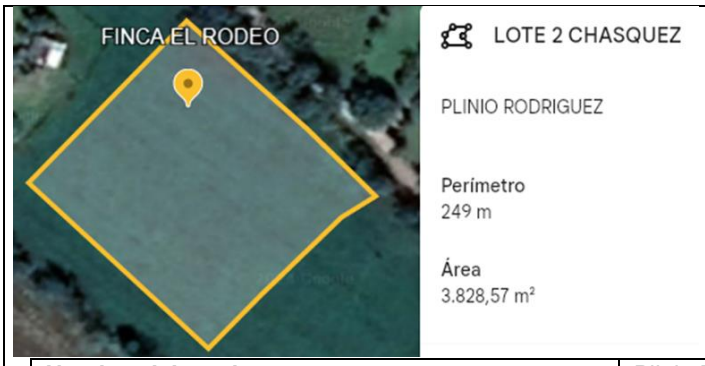


Nombre del productor	Antonio Vergara
Vereda	Raiba
Altitud	2754 m
Coordenadas	5°35'57" N 73°09' 36" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas
Área	3151 m^2

Parcelas Finca 4. Villapinzón Cundinamarca

Nombre del productor	Lote FNFP
Vereda	Salitre
Altitud	2779 m
Coordenadas	5°15'44" N 73°35' 14" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas
Área	3294 m^2

Parcelas Finca 5. Villapinzón Cundinamarca



Nombre del productor	Plinio Rodríguez
Vereda	Chasquez
Altitud	2889 m
Coordenadas	5°14'35" N 73°34' 03" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas
Área	3828m^2

Parcelas Finca 6. Villapinzón Cundinamarca

Nombre del productor	Julio Zamudio
Vereda	Chasquez
Altitud	2875 m
Coordenadas	5°14'22" N 73°34' 14" E
Condiciones climáticas	Al momento de la toma de muestra el suelo se encuentra saturado por condiciones climáticas
Área	4175m^2

Resultados

Justificación técnica de siembras tardías (Elaborado en conjunto equipo técnico AGROSAVIA-FEDEPAPA)

El cultivo de papa en Colombia está profundamente influenciado por la marcada estacionalidad del régimen de lluvias, lo que condiciona su producción a los periodos climáticos más favorables. Esta dependencia se debe a que gran parte de las áreas productoras operan bajo sistemas de secano, con solo un pequeño porcentaje

utilizando riego suplementario para garantizar la disponibilidad de agua en momentos críticos del ciclo fenológico (Vélez,2021).

En ese contexto la disponibilidad de las lluvias ha sido un factor crítico para el establecimiento de las parcelas del cultivo de papa en los municipios priorizados por el proyecto para la vigencia 2024 (Toca Boyacá y Villapinzón Cundinamarca). Según el análisis que se presenta a continuación, los períodos de escasez hídrica registrados durante 2024 han afectado directamente las siembras del cultivo durante el segundo semestre.

1. Comparación de Precipitaciones Mensuales en el Segundo Semestre de 2024 vs Promedio Histórico

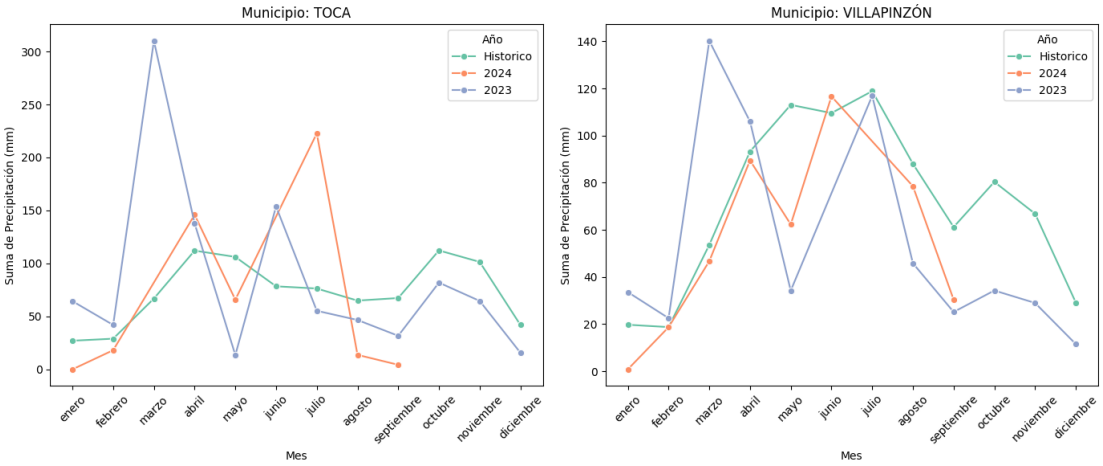


Figura 4. Comparación de precipitaciones totales mensuales de los años 2023 y 2024 vs valores históricos periodo 1991-2020 en Toca y Villapinzón. Fuente de datos: 2023 y 2024 Estaciones meteorológicas del programa de investigación de transferencia de tecnología de FEDEPAPA/FNP. Series históricas: IDEAM.

A partir de registros de estaciones meteorológicas de FEDEPAPA/FNFP para los años 2023-2024 y registros históricos del IDEAM del periodo climatológico 1991-2020, se elaboraron las gráficas presentadas en la Figura 4, en donde se observa que durante los meses del segundo semestre de los años 2023 y 2024 las precipitaciones en ambos municipios se mantuvieron consistentemente por debajo del promedio histórico. Puntualmente para el presente año (2024) las lluvias de agosto y septiembre disminuyeron drásticamente en Toca donde para ese bimestre se registraron lluvias entre 0 a 10 mm en contraste con el promedio histórico que para el mismo periodo se encuentra entre 60 y 65 mm, lo que expresado en términos de anomalías de precipitación representan una reducción de -100 % y -84.6 % para los meses de agosto y septiembre respectivamente. Un comportamiento similar se presentó en Villapinzón, donde se aprecia que desde el mes de julio se han presentado lluvias por debajo del promedio histórico alcanzando el mínimo valor en septiembre donde el registro estuvo en 37 mm comparado con el promedio de 62 mm, es decir una anomalía de -40.32 % afectando de igual manera los periodos de siembra habituales.

2. Comparación de acumulados de Precipitaciones Mensuales 2023 vs 2024

Para complementar el análisis presentado a partir de la Figura 4, se elaboraron las gráficas con el valor acumulado de precipitación durante los años 2023 y 2024 de manera comparativa por mes en barras (Figura 5 A) y anual (Figura 56 B). El año 2023 se ha tomado como referencia dado que antes de presentarse las condiciones del presente año, 2023 había sido el año que históricamente superaba los valores más bajos. En ese orden de ideas se comparó con el año 2024, en el cual se evidencia que el acumulado de precipitaciones del 2024 ha sido inferior en todos los meses a los acumulados registrados en el 2023, es decir que las

condiciones de déficit totales han sido aún más críticas durante el presente año. Este análisis coincide con la percepción generalizada en ambas localidades (Toca y Villapinzón), donde las condiciones climáticas, según los testimonios de los productores han generado incertidumbre respecto a las siembras habituales del segundo semestre del año, programadas entre agosto y septiembre y dependientes de las lluvias. Dicha percepción se mantiene debido a una evidente disminución de las precipitaciones durante los meses de septiembre y octubre y se exacerba por las condiciones típicas de sequía al inicio del año. Estas situaciones plantean dificultades para el sostenimiento de los cultivos, especialmente para pequeños y medianos productores de la región que ven en riesgo el capital invertido.

Figura 5. Acumulados de precipitación de los años 2023 y 2024. Fuente de datos: Estaciones meteorológicas del programa de investigación de transferencia de tecnología de FEDEPAPA/FNFP.

3. Comportamiento de las temperaturas

La Figura 6 presenta las temperaturas máximas (T_max), mínimas (T_min) y medias (T_media) para los municipios de intervención a lo largo del tiempo, desde 1990 hasta 2024, los datos fueron obtenidos de la base de datos global NASA Power (POWER, 2023). En el caso de las T_min, se aprecia una tendencia al aumento en los valores registrados en 2024, entre 10 y 11 °C para Toca y entre 11 y 12.5 °C para Villapinzón, superando el promedio histórico registrado que se encuentran en 7 °C y 8.5 °C respectivamente. Esta tendencia se confirma

con los valores de T_media que para 2024 están consistentemente por encima del promedio observado en años anteriores (ver Figura 6). Este comportamiento refleja una combinación del aumento tanto de las T_max como de las T_min. Por tanto, los datos refuerzan el hecho de una mayor incidencia de radiación solar asociado a cielos despejados y bajas precipitaciones previamente explicadas.

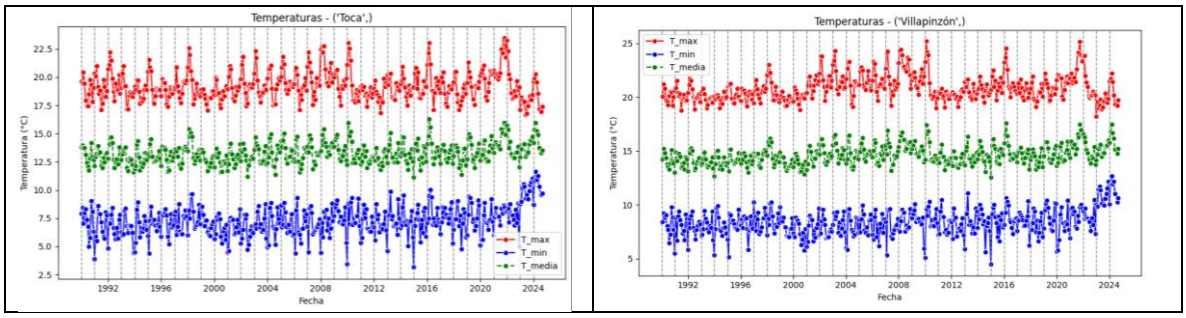


Figura 6. Series de temperatura del periodo 1990-2024. Fuente de datos: Nasa Power

4. Riesgo de daño del cultivo por heladas en la región

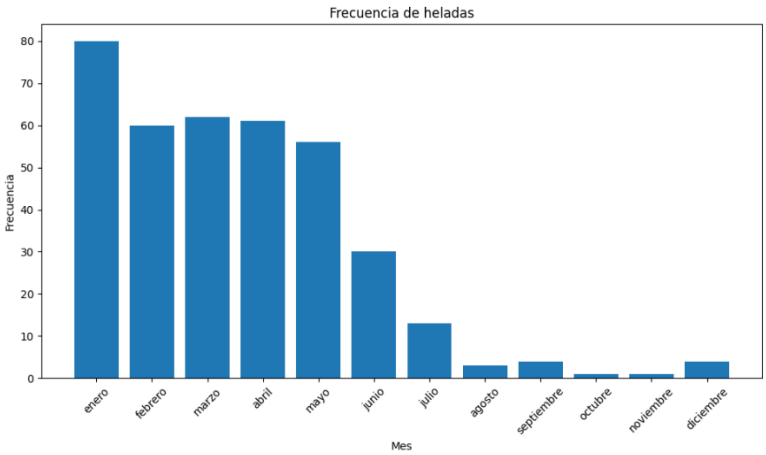


Figura 7. Frecuencia de heladas acumuladas por mes en Toca y Villapinzón periodo 2021-2024. Fuente: Estaciones meteorológicas del programa de investigación de transferencia de tecnología de FEDEPAPA/FNFP

La Figura 7 muestra la frecuencia de heladas acumuladas para las estaciones de los municipios de estudio contabilizando los momentos es que se registran valores de temperatura inferiores a 0 °C por mes desde 2021 al 2024, destacando que los meses de enero, febrero, marzo y abril presentan la mayor incidencia. Este patrón tiene importantes implicaciones para el manejo del cultivo de papa por parte los productores, especialmente en la región de estudio, debido a la sensibilidad del cultivo a las bajas temperaturas en ciertas etapas de desarrollo. Por tanto, no es recomendable las siembras de noviembre y diciembre dado las etapas críticas del cultivo de papa, como emergencia, crecimiento vegetativo inicial y tuberización temprana, coincidirán con los meses de enero, febrero y marzo. Estas etapas son particularmente sensibles a las bajas temperaturas y a los efectos de las heladas y lo cual es conocido por parte de los agricultores.

La frecuencia de heladas en enero supera los 70 eventos, mientras que en febrero y marzo también se mantienen niveles elevados (60-70). Esto indica que el riesgo de exposición es alto si el cultivo se establece en noviembre o diciembre.

5. Disponibilidad de semilla

La competitividad en la producción de papa depende, entre otros factores, del uso de semilla certificada que garantice condiciones fitosanitarias y genéticas óptimas para el cultivo. Sin embargo, el uso de este material certificado sigue siendo limitado dentro del sistema productivo. En Colombia, la producción de semilla certificada está regulada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), y los productores autorizados deben cumplir con estrictos requisitos que aseguren la calidad e inocuidad del material vegetal. Además, se estima que los costos de producción de semilla certificada son entre un 20% y un 25% más altos en comparación con los de la papa destinada al consumo fresco, lo cual incrementa el precio de este insumo para los agricultores (Valderrama et al., 2023).

Estas particularidades han llevado a que solo un reducido grupo de productores esté autorizado para la producción de semilla certificada. Este nicho de productores opera principalmente bajo esquemas comerciales basados en contratos, asegurando la producción según la demanda específica, principalmente de la agroindustria de procesamiento de papa. Esta industria está enfocada en su mayoría en la variedad Diacol Capiro, lo que limita la disponibilidad de semilla certificada para otras variedades sembradas en diferentes zonas del país. Como resultado, no se garantiza un acceso constante y diversificado a este tipo de material de propagación.

Además, las fechas de siembra de los productores de semilla certificada suelen alinearse con los ciclos productivos tradicionales en el país, los cuales, según Siachoque et al (2019), corresponden al periodo de marzo a agosto para el primer ciclo del año y de septiembre a febrero para el segundo. Esta dinámica limita la disponibilidad de semilla certificada en épocas fuera de estos ciclos, lo cual representa un desafío para regiones como Toca (Boyacá) y Villapinzón (Cundinamarca).

En consecuencia, estas condiciones limitan aún más el acceso a semilla certificada, cuyo uso en Colombia se estima en tan solo el 7% del área sembrada (Insuasty-Córdoba, 2020). Aunque el acceso a semilla certificada es clave para mejorar los rendimientos, aproximadamente el 75% de los productores realizan siembras utilizando papa comercial como semilla, ya sea obtenida de sus propios predios, comprada a comerciantes o de otros agricultores (Valderrama et al., 2023).

Este mercado informal de semilla está fuertemente influenciado por dos factores principales: i) los calendarios de siembra y ii) las dinámicas de precios de la papa destinada al consumo fresco. Este último factor resulta especialmente relevante, ya que cuando los precios pagados al productor son favorables, una menor proporción de la producción se destina a ser conservada como semilla; en su lugar, los agricultores priorizan aprovechar los precios altos del mercado. Este fenómeno es particularmente evidente durante los meses de junio, julio y principios de agosto (Figura 59), cuando el aumento en los precios comerciales puede reducir la disponibilidad de semilla para periodos posteriores.

Es importante destacar que la papa destinada a semilla requiere un periodo de reposo antes de ser sembrada en campo, para garantizar que presente brotes suficientes y un tamaño adecuado. Este periodo de reposo suele oscilar entre 2 y 3 meses posteriores a la cosecha, lo que agrega otro desafío al manejo y disponibilidad de este insumo en el tiempo estipulado.

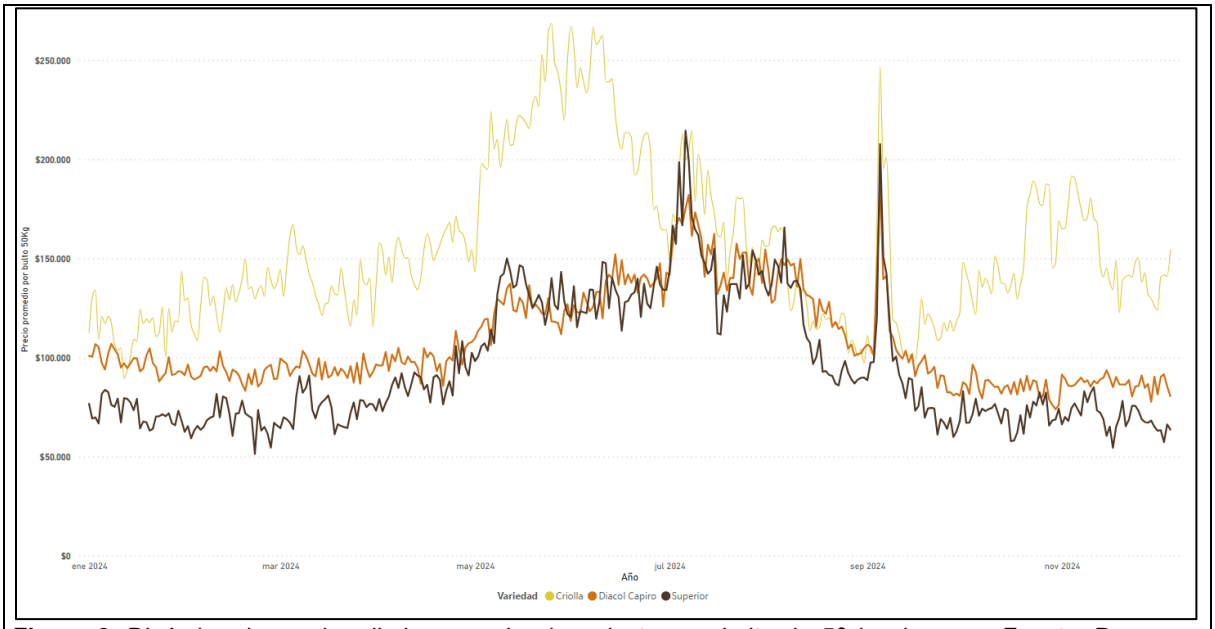


Figura 8. Dinámica de precios diarios pagado al productor por bulto de 50 kg de papa. Fuente: Programa Estudios Económicos FEDEPAPA-FNFP.

Otras dificultades en el acceso a la semilla es la demanda que se tiene en otras zonas productoras como Antioquia y Nariño, este último de gran relevancia debido a los riesgos inherentes a la siembra de material producido en el departamento como resultado de la alerta de diseminación de punta morada, por lo que la demanda de semilla del centro del país va en aumento (comunicaciones con productores)

Conclusiones

El análisis del impacto climático en la producción de papa en los municipios de Toca y Villapinzón durante 2024 revela varias conclusiones clave que justifican el atraso en las siembras de papa:

La escasez de lluvias durante el segundo semestre de 2024 fue un factor determinante. Las precipitaciones estuvieron consistentemente por debajo del promedio histórico, alcanzando mínimos históricos en agosto y septiembre. Esta falta de agua coincidió con los periodos críticos para la siembra de papa, afectando negativamente el establecimiento de los cultivos. La comparación con el año 2023, que ya había registrado valores bajos, muestra que 2024 fue aún más crítico en términos de déficit hídrico. Los acumulados de precipitación fueron inferiores en todos los meses de 2024, lo que indica una situación de sequía más severa.

Las temperaturas también jugaron un papel crucial. En 2024, las temperaturas mínimas y medias estuvieron por encima del promedio histórico, lo que sugiere una mayor incidencia de radiación solar y cielos despejados.

El riesgo de heladas es otro factor crítico. La frecuencia de heladas en los meses de enero a marzo es alta, con más de 70 eventos en enero y niveles elevados en febrero y marzo. Esto desaconseja las siembras en noviembre y diciembre, ya que las etapas críticas del cultivo de papa, como la emergencia y el crecimiento vegetativo inicial, coincidirían con estos meses de alto riesgo. Las heladas pueden causar daños significativos al cultivo, aumentando los costos de manejo y reduciendo la eficiencia.

La producción de semilla certificada está alineada con los ciclos productivos tradicionales (marzo a agosto y septiembre a febrero), lo que limita su disponibilidad fuera de estos ciclos. La necesidad de un periodo de reposo para la semilla también contribuye a esta limitación.

El acceso a la semilla es limitado como consecuencia directa de la incipiente cobertura de material a certificado, adicionalmente la dinámica de precios pudo afectar directamente la cantidad de la producción que se destina al mercado informal de semilla y las reservas propias de los productores que aunado a la posible fuga de material

a otras regiones como Nariño pudieron conllevar a una reducción notable en la disponibilidad de semilla en parte del tercer trimesmestre y lo corrido del cuarto trimestre del año.
En resumen, la combinación de condiciones climáticas adversas, riesgo de daños por heladas y la limitada disponibilidad de semilla certificada en fechas no habituales de siembra, ha impedido a los **agricultores a adecuar las parcelas dentro de las fechas de siembra acordadas.**

Trabajo de campo 5 y 6 de noviembre

Fecha de la salida	05 de noviembre	Lugar de salida	Toca- Boyacá
	06 de noviembre		Villapinzón - Cundinamarca
Tema	Demostración in situ de protocolos		

PARTICIPANTES	
FEDEPAPA-FNFP	Cristian Camilo Bustos Linares-Coordinador FEDEPAPA - proyecto CAS Catherine Bohórquez Sandoval-Profesional de Apoyo Técnico Zulma García - Coordinadora zonal Boyacá Extensionistas de la zona Juan David Neira – Coordinador zonal Cundinamarca
AGROSAVIA	Profesionales e investigadores CAS Componente 2 Eje 4
PRODUCTORES	Productores de la zona

5 noviembre Toca Boyacá

Nombre del productor	Paola Yohana Correales
Vereda	Tuaneca
Altitud	2747 m
Coordenadas	5°33'36" N 73°12' 02" E

6 noviembre Villapinzón Cundinamarca

Nombre del productor	Plinio Rodríguez
Vereda	Chasquez
Altitud	2889 m
Coordenadas	5°14'35" N 73°34' 03" E

Objetivo
Realizar demostración de método de manejo de los diferentes protocolos propuestos que permitirán el monitoreo del consumo de agua y emisiones de GEI, en fincas de productores de los municipios de Boyacá (Toca) y Cundinamarca (Villapinzón).

- Realizar demostración de la toma de muestras de suelo disturbadas y no disturbadas, y orientación sobre la periodicidad y el momento adecuado para tomar las muestras.
- Realizar instalación de cámara y demostración de la toma de muestra de GEI.
- Realizar toma de muestra de agua y medición de parámetros in situ (temperatura, conductividad y pH).

- Demostrar metodología de instalación de sensores de humedad del suelo, pluviómetro, y explicación del cálculo de huella hídrica azul y verde.

Agenda

Tema: Demostración in situ de protocolos

Temática	Responsables	Actividad
Manejo del cultivo con prácticas sostenibles	John Martínez Prof. Apoyo. C.I Tibaitatá Marcela Preciado Prof. Apoyo. C.I Tibaitatá Lina Rojas Prof. Apoyo. C.I Tibaitatá Sandra Reyes Prof. Apoyo. C.I Tibaitatá	Charla sobre el desarrollo de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente y el uso de herramientas eficientes dentro de esquemas de manejo integrado
Análisis de suelos	Diego Cortes Inv. Master. C.I Obonuco Carolina Zuluaga Prof. Apoyo. C.I La Selva	Demostración de la toma de muestras de suelo disturbadas y no disturbadas, y orientación sobre la periodicidad y el momento adecuado para tomar las muestras.
Huella Gris	Ana Maria Calvo Inv. Master. C.I Tibaitatá	Toma de muestra de agua y medición de parámetros in situ (temperatura, conductividad y pH).
Gases de efecto invernadero	Ana Maria Calvo Inv. Master. C.I Tibaitatá	Demostración de la instalación de la cámara y toma de muestra de GEI.
Huella azul y verde	Jhon Estupiñan Inv. Master. C.I Tibaitatá Ruy Vargas Inv. Master. C.I Tibaitatá	Demostración de la instalación de sensores de humedad del suelo y pluviómetro, y explicación del cálculo de huella hídrica azul y verde

- **Actividad Inicial**

De acuerdo con la agenda propuesta para el desarrollo de la actividad, se inició con una introducción en la cual a través de una "Prueba de caja" se obtiene un diagnóstico inicial de los conocimientos de los participantes sobre la definición de huella hídrica azul, verde y gris; los manejos óptimos que se realizan en el cultivo, las condiciones del suelo y otras preguntas que buscan que el productor al finalizar la demostración tenga claridad sobre los objetivos de la implementación de estos protocolos y el impacto que tienen las labores productivas sobre la emisión de GEI.

Actividad de diagnóstico Toca Boyacá

Actividad de diagnóstico Villapinzón-Cundinamarca.

- **Demostración de la toma de muestras de suelo disturbadas y no disturbadas**

Esta práctica permite que el productor trabajando en conjunto con el investigador y/o extensionista pueda identificar el procedimiento para toma de muestras conociendo el objetivo y resultados que se pueden obtener, siendo la muestra no disturbada la que evidencia los datos de densidad aparente y curva de retención de humedad y la muestra disturbada la composición nutricional; información con la cual se puede hacer una planificación según los resultados para el manejo de suelos, implementación de sistemas de riego y fertilización.

Demostración de método muestra de suelos no disturbada

- **Demostración de toma de muestras de gases de efecto invernadero**

A través de esta demostración, se busca que el productor comprenda la metodología de la toma de muestras de los gases de efecto invernadero que se generan durante el ciclo productivo del cultivo lo permitirá que el productor junto con el investigador determine en qué etapa se generan más de estos gases y cuál práctica influye más en su generación.

Dentro de la información mencionada se encuentran puntos relevantes como:

- Actividades o labores que se realizan en el cultivo de papa y que con estas se genera la emisión de estos gases como lo puede ser: mecanización, encalado y fertilización nitrogenada.
- Ubicación y horarios para optima toma, se muestra cómo debe ser distribución e instalación de cámaras dentro del lote e informa que los horarios deben ser entre 9:00 y 11:00 a.m. con distanciamiento de tiempo entre cada medición de 15 minutos.
- Posteriormente a la toma de muestras las entregas a laboratorio deben ser en un tiempo no mayor 48 días, almacenas en neveras con gel refrigerante.

Demostración de instalación de cámaras y medición de gases de efecto invernadero

- **Toma de muestra de agua y medición de parámetros in situ (temperatura, conductividad y pH).**

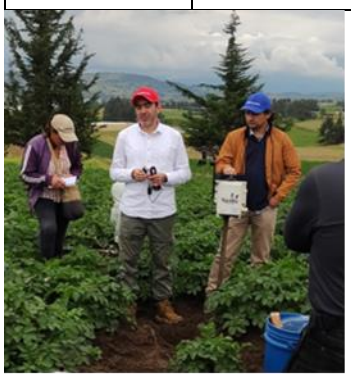
Se describió el procedimiento para la toma de muestras representativas de agua de fuentes superficiales y subterráneas en parcelas con cultivo de papa, con el fin de monitorear la calidad de agua de entrada y salida.

Demostración de toma de muestra de agua y medición de pH.

- **Metodología de instalación de sensores de humedad del suelo y pluviómetro, y explicación del cálculo de huella hídrica azul y verde.**

Se explicó el procedimiento de instalación de los dispositivos utilizados para la medición de humedad del suelo y precipitación en las parcelas con cultivo de papa, así como su ubicación en el suelo cerca de la zona radicular de la planta.

Fecha de la salida	20 de noviembre	Lugar de salida	Toca- Boyacá
	21 de noviembre		Villapinzón - Cundinamarca
	29 de noviembre		Villapinzón
Tema	Toma de Muestras de Suelo en Campo para Análisis Físico - Químico		



Explicación de huella hídrica e instalación de sensores.

Trabajo monitoreo 20, 21 y 29 de noviembre

PARTICIPANTES	
FEDEPAPA-FNFP	Cristian Camilo Bustos Linares-Coordinador FEDEPAPA - proyecto CAS Catherine Bohórquez Sandoval-Profesional de Apoyo Técnico Zulma García - Coordinadora zonal Boyacá Extensionistas de la zona Juan David Neira – Coordinador zonal Cundinamarca
AGROSAVIA	Jhon Estupiñan Lina Marcela Rojas Sandra Milena Rodriguez
CIAT	Jorge Corzo

PRODUCTORES	Productores de la zona

Objetivo

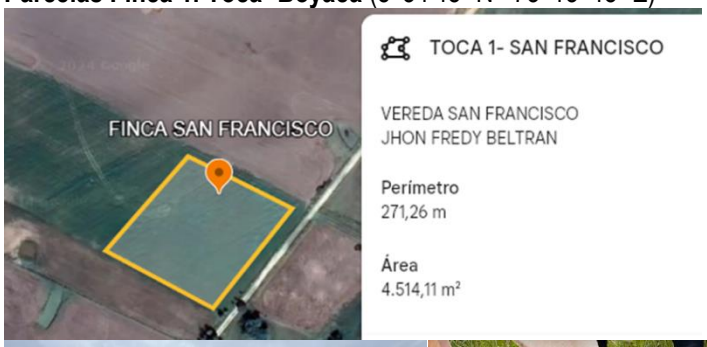
Realizar la toma de muestras de suelo en fincas de productores de los municipios de Toca (Boyacá) y Villapinzón (Cundinamarca) para evaluar sus características tanto físicas como químicas a través de las pruebas no disturbadas como disturbadas.

- Realizar toma de muestras de suelos disturbabas para análisis químico.
- Realizar toma de muestras de suelos no disturbada para análisis físico.

Dentro de las actividades desarrolladas, se realizó la identificación de los predios y lotes donde se establecerán las unidades productivas, los 6 predios ubicados en el municipio de Toca y Villapinzón tienen como características en común suelos con poca pendiente y uniformes. Se destaca que en las fechas de las visitas los suelos se encontraban saturados y encharcados debido a las condiciones climáticas presentes al momento. Los agricultores manifestaron la imposibilidad de mecanización para la preparación del terreno bajo esas condiciones de humedad.

En los predios de Villapinzón Cundinamarca, se evidencia un terreno en barbecho, con pastos para ganadería, suelos muy compactos y también presentan encharcamiento superficial.

Parcelas Finca 1. Toca- Boyacá (5°34'48" N 73°13' 48" E)



Parcelas Finca 2. Toca- Boyacá (5°33'36" N 73°12' 02" E)

Parcelas Finca 3. Toca- Boyacá (5°35’57” N 73°09’ 36” E)

Parcelas Finca 4. Villapinzón-Cundinamarca (5°15’44” N 73°35’ 14” E)

Parcelas Finca 5. Villapinzón-Cundinamarca (5°14’35” N 73°34’ 03” E)

Parcelas Finca 6. Villapinzón-Cundinamarca (5°14’22” N 73°34’ 14” E)

Equipos
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se acuerda continuar con la delimitación de detallada de los lotes una vez los productores inicien labores de preparación del terreno para la siembra. Se planificó monitoreo de GEI para las semanas del mes de diciembre.
Evidencias
Soportes muestras de suelo. Formatos de ingresos de muestras: (Anexo 3.3.1.) GA-F-84 Información técnica de la muestra V14_22nov24 GA-F-84 Información técnica de la muestra V14 29 nov

Tabla 21. Implementaciones de parcelas experimentales, ensayos y pilotos de Musaseas

Campo
Componente 3. Modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero
Eje: 6 Servicios de asistencia técnica y extensión agrícola modernizados (Eje 6)
Actividad GCF: Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.
Tipo de implementación: Parcela demostrativa como espacio de transferencia de tecnología del sistema de musáceas.
Sistema Productivo: Musáceas, plátano
Descripción: Parcela demostrativa en el C.I. Turipaná: La parcela demostrativa como espacio de transferencia de tecnología de los avances, resultados parciales y tecnologías desarrolladas en el proyecto, será un espacio en

donde se desarrollarán actividades de capacitación tanto a productores de la región como a extensionistas locales, en donde se podrá evidenciar, en condiciones agroecológicas locales, las bondades de los principales recomendaciones tecnológicas para el incremento de la resiliencia del sistema productivo de plátano a eventos de déficit y exceso hídrico. Así mismo, esta parcela servirá para la producción de material vegetal de calidad y registrado para la implementación de otras parcelas en los municipios de Moñitos en Córdoba y Turbo en Antioquia.

Figura 1. Disposición del lote de plátano Centro de Investigaciones Turipaná. 2024

Justificación: *parcela demostrativa como espacio de transferencia de tecnología, que servirá como epicentro de un proceso de fortalecimiento de capacidades de productores y extensionistas de la región, en particular de la región del caribe húmedo, los departamentos de Córdoba, Antioquia priorizados en el proyecto. La parcela será un espacio en donde se evidenciarán las bondades de los resultados de los ensayos y parcelas de experimentación en el marco del proyecto, así mismo, servirá de espacio de laboratorio para la implementación de las tecnologías recomendadas por el equipo técnico del proyecto. Este espacio representa las condiciones agroecológicas modales de la producción de plátano en la región, y servirá además de espacio para producción de material vegetal de calidad de plátano.*

Materiales y equipos comprados para la implementación: a la fecha se está en trámite administrativo la compra de lo insumos agropecuarios para la adecuación y mantenimiento de la parcela, de acuerdo a equipo técnico del proyecto y al propósito de la parcela.

Registro fotográfico:

Figura 1. Desarrollo anterior del lote 1 de plátano. Centro de Investigaciones Turipaná. 2023

Parcela demostrativas sistemas modales en Magdalena C.I Caribia:

Actividad 1. Producción de plantas de plátano para establecimiento de parcelas de evaluación.

En el vivero del C.I.Caribia se está realizando proceso de endurecimiento de plantas de plátano (Dominico Hartón, Plátano PHIA y Plátano GUAYABO) (foto 1). En total se compraron 4.000 plantas invitro. Las plantas in vitro ofrecen la sanidad fitosanitaria, lo cual se traduce en la reducción de aplicaciones de productos de síntesis química y del impacto negativo que estos generan en el ambiente. Por otra parte, este tipo de plantas son indispensable cuando se desea llevar plantas a nuevos predios de productores, más en los tiempos actuales donde en la región Caribe se ha reportado la enfermedad Marchitez por Fusarium Raza 4 Tropical (Foc R4T). Esta es una enfermedad que afecta a las plantaciones de banano y plátano en el Magdalena. Es causada por el hongo Fusarium oxysporum f. sp. cubense (Foc), que vive en el suelo y puede sobrevivir por más de 30 años. Esta situación afecta las áreas productivas, en la Guajira y Magdalena hay un total de 1200 hectáreas en cuarentena y de esas se han perdido alrededor de 200, "el hongo lo que afecta son las áreas productivas, reduciendo la productividas y rentabilidad del cultivo. Razón a lo anterior en el marco del proyecto CAS se está fomentando la renovación de materiales de siembra a partir de los cultivares producidos in vitro.

Las características de los materiales a establecer se relacionan a continuación:

Dominico Hartón Común: Los racimos en promedio tienen siete manos y entre 45 – 55 frutos. El ciclo de cosecha tarde entre 14 y 18 meses en función de las condiciones edafoclimáticas.

Plátano PHIA: Los racimos en promedio tienen siete manos y entre 40 – 55 frutos. El ciclo de cosecha tarde entre 13 y 18 meses en función de las condiciones edafoclimáticas. Su mayor atributo es que es tolerante a la sigatoka negra.
Plátano Guayabo: Es un tipo de plátano rico en minerales como potasio y magnesio, y en hidratos de carbono. Este tipo de variedad se usa principalmente para freir.

Actividad 2. Adecuación de parcelas e instalación de sistemas de riego.
En total se establecerán cuatro parcelas experimentales de plátano. Una en el municipio de Zona Bananera del Magdalena (<100 msnm), Una en el municipio de Santa Marta (<400 msnm), una en el municipio de Aracataca (entre 400 – 800 msnm), una en el municipio de Ciénaga (entre > 800 msnm). En todas las parcelas se establecerán las cuatro variedades de plátano. El objetivo es evaluar el comportamiento agronómico y fisiológico de los materiales bajo diferentes condiciones edafoclimáticas y dar a conocer a los productores de la región la oferta de cultivares disponibles. Para cada una de las regiones seleccionadas se inicio proceso de selección de productores sobresalientes. Para ello en acompañamiento con las organizaciones de productores Red Ecolsierra y Asoarhuaco, se identificaron productores que tuvieran 1) disposición para el establecimiento de parcelas en su finca, 2) disponibilidad de agua para riego, 3) reconocimiento en la región como productor líder, y 4) disposición para realizar eventos de capacitación en la finca y que otros productores puedan visitar cuando requieran validar la implementación de las tecnologías utilizadas en la parcela. Una vez seleccionados los productores se inicio con la caracterización física, química y biológica de los suelos. En total se tomaron 20 submuestras por parcela (0.5 ha) las cuales están siendo procesadas y análizadas en el laboratorio de suelo del C.I.Caribia.

Por otra parte, durante el mes de diciembre se inició con la instalación del sistema de riego para las parcelas experimentales. El diseño de riego que se está instalado es por goteo el cual permitirá hacer un uso eficiente del agua al entregarla directamente a las raíces de las plantas, reduciendo las pérdidas por evaporación y lixiviación, lo cual puede representar entre un 30% - 50% menos del caudal utilizado con otros sistemas.

Endurecimiento de plantas de plátano en vivero del C.I.Caribia.

Instalación de sistemas de riego en parcelas experimentales

Localización:
Córdoba, Cereté, centro de investigación Turipaná, 8°50'57"N 75°49'09"W
Magdalena, Zona bananera, centro de investigación Caribia,

Resultados: En el C.I Turipaná, el lote demostrativo del cultivo de plátano establecido en lote La Vitrina del Centro de Investigaciones Turipaná bajo dos sistemas de siembra en alta densidad, tiene definido tres (3) lotes de siembra identificados como lote 1, 2 y 3 (figura 1).
Este lote el sistema de siembra 4 x 1 con relevo (4 metros entres surcos y 1 metro entre planta) se establecieron 450 plantas las cuales se cosecharon y se logró establecer el cultivo de relevo, pero por falta de recursos se quedó como lote para la obtención de semilla para la siembra del cultivo de relevo del lote 3. En este lote se realizan labores de desguasque, deshoje fitosanitario en las plantas y control manual de malezas en el pie de la planta.
En este lote se estableció el sistema de siembra 2 x 2 permanente (2 metros entre surcos y plantas), se lograron establecer 130 plantas. Se realizaron labores de deshije total, deshoje fitosanitario en las plantas control manual de malezas en el pie de la planta

Por su parte, en el C.I. Caribia, se cuenta con la producción de material vegetal para el establecimiento de las parcelas del componente 3, las cuales tendrán enfoque de fortalecimiento de capacidades y demostración de las ofertas tecnológicas corporativas, así como de los resultados parciales del proyecto, en el componente 1. Además de las labores de establecimiento, se han definido los sistemas modales de producción con base en los diagnósticos realizados en cada uno de los municipios.

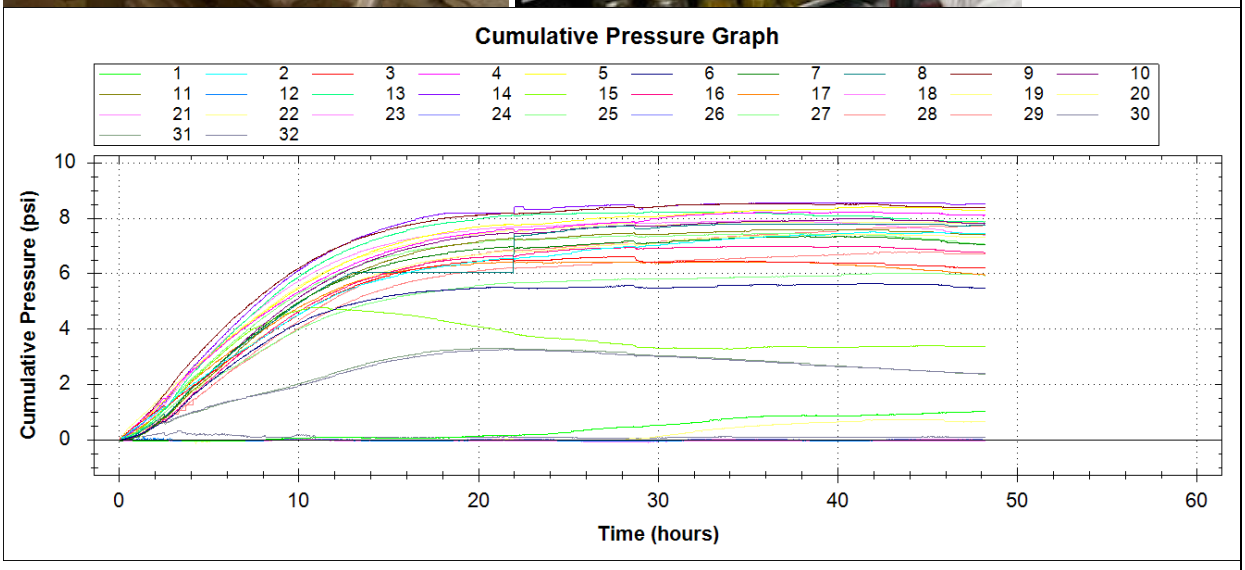
Conclusiones: La adecuación de las parcela avanza según lo programado y planeado por el equipo técnico del C.I. Turipaná y el C.I. Caribia, no obstante, se deben agilizar los procesos de compras d ellos insumos para culminar la adecuación en función de los objetivos y entregables del proyecto.

Recomendaciones - Pasos a seguir: Se recomienda continuar con las actividades de practicas culturales en el lote completo, en particular el deshoje y deshije para reducir la carga de problemas fitosanitarios, así mismo es

necesario avanzar con el proceso de compras de insumos para la aplicación de acuerdo al plan de manejo establecido.
Evidencias: Reporte de adecuación de la parcela demostrativa**.**

Tabla 22. Implementaciones de parcelas experimentales: Evaluación de producción y calidad de materiales establecidos en Caribe (Carmen de Bolivar) y región Altoandina (Nariño) y/o zonas de influencia del proyecto de Gana

Componente
2
Eje
3
Actividad GCF
Actividad 3.2. Nuevos materiales tolerantes a sequía en los cultivos de banano, forrajes, arroz y maíz disponibles al productor.
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Parcela demostrativa
Sistema Productivo
Ganadería
Descripción
Evaluación de producción y calidad de materiales establecidos en Caribe húmedo y región Altoandina (Nariño) y/o zonas de influencia del proyecto, y se inicia la evaluación del potencial metanogénico bajo condiciones anaerobias in vitro de 10 materiales seleccionados. Equipo de trabajo: Ci Obonuco: Paola Portillo, Jose Libardo Lerma, Filadelfo Hernandez, Edwin Castro CI Turipaná: Emiro Suárez-Liliana Atencio-José Jaime Tapia- Yacerney Paternina-
Justificación
Aporte al listado de materiales forrajeros priorizados basados en registros históricos y de revisión de literatura con potencial de mitigación de cambio climático evaluados previamente en AGROSAVIA. Se define una lista amplia de materiales forrajeros junto con CIAT, en la cual se incluye información de los materiales en cuanto adaptación, características agronómicas, de manejo y productivas. De esta lista se espera tener definidos materiales para establecer parcelas en zonas priorizadas, además de tener muestras para determinación de metano in vitro. Paralelo a esto, se participa en reuniones durante el mes de agosto y septiembre para definir los sitios de montaje de parcelas experimentales en San Onofre, Sucre y en Guachucal, Nariño, se aporta en el documento de construcción metodológica.
Materiales y equipos comprados para la implementación
Se usan instrumentos (sistema Ankom semiautomatico) y elementos adquiridos previamente en Agrosavia
Registro fotográfico



Montaje in vitro para seguir la producción de gas total y metano de los materiales priorizados

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Centro de Investigación Obonuco, Km. 5, vía Pasto - Obonuco, Nariño, Centro de Investigación Tibaitatá, Km. 14, vía Mosquera – Bogotá, Centro de Investigación Turipaná, Km. 13, vía Montería - Cereté, Córdoba, Sede El Carmen de Bolívar, Km. 1, vía Zambrano, El Carmen de Bolívar, Bolívar

Resultados

ACTIVIDAD Centro de investigación Obonuco Nariño

1. **Caracterización del área experimental**

El cultivo experimental ocupa un área de una hectárea, se estableció en el lote 6 del Centro de Investigación de Obonuco, el cual tiene una pendiente del 6 % (**Figura 9**). Este lote pertenece a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y fue seleccionado debido a su estratégica ubicación que facilita el acceso y garantiza la disponibilidad de agua para riego suplementario. El centro de investigación Obonuco está ubicado en el km 5 en la vía que conecta a la ciudad de Pasto con el municipio de Obonuco (Nariño), en las coordenadas N 1° 88' 92" y W 77° 31' 08", a una altitud de 2.905 m s.n.m.

Figura 9. Lote 6 - Centro de investigación Obonuco, AGROSAVIA

1.1 Clima

La medición de las variables micro climáticas como: precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, entre otras, se miden en el cultivo experimental mediante una estación meteorológica automática DAVIS Vantage Pro2, que registra y reporta información en intervalos de una hora.

Figura 10. Estación meteorológica DAVIS Vantage Pro2

1.2 Suelo

El suelo en el sitio del experimento se caracteriza por tener una textura franca y su clasificación taxonómica es Vitric Haplustands AMBc dentro del orden Andisol. La determinación de las características químicas del horizonte Ap se realizó siguiendo el diagrama de proceso presentado en la **Figura 11**.

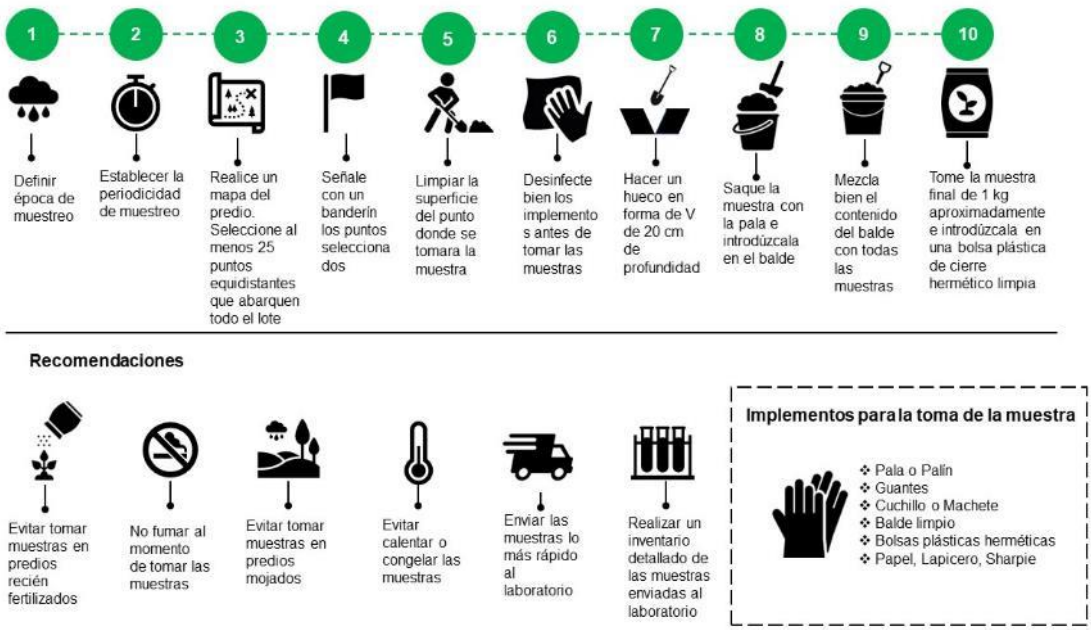


Figura 11. Decálogo de toma de muestra de suelos para análisis de fertilidad completo

El análisis químico se realizó en el Laboratorio de Química Analítica de AGROSAVIA, ubicado en el Centro de Investigación Tibaitatá en Mosquera, Cundinamarca, Colombia, utilizando las siguientes metodologías:

El **pH** fue cuantificado mediante la técnica potenciométrica. El contenido de materia orgánica (MO) se compromete mediante oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico, utilizando el método modificado de Walkey y Black (1934) y cuantificado por espectrofotometría UV-visible. El contenido de **fósforo (P)** se cuantificó mediante reducción con ácido ascórbico, utilizando el método Bray II (Bray y Kurtz, 1945). Los cationes intercambiables [**potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg)**] se extrajeron utilizando una solución de acetato de amonio 1 M a pH 7 y se cuantificaron mediante espectrofotometría de absorción atómica (AAS). El **azufre (S)** se procesa mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los contenidos de **hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn)** se determinaron usando el método estandarizado para suelos de los Llanos Orientales de Colombia, empleando una solución extractante de DTPA a pH 7,3 (Lindsay). y Norvell, 1978) y se cuantificaron mediante AAS. El contenido de **boro (B)** se calcula utilizando el método de fosfato monobásico y se cuantificó con Azometina H.

Las características químicas del horizonte Ap fueron: pH 6,2, MO (34,1 g kg^{-1}), P (77,54 mg kg^{-1}), K (1,01 cmol kg^{-1}), S (6,95 mg kg^{-1}), Ca (6,06 cmol kg^{-1}), Mg (1,16 cmol kg^{-1}), Fe (335,61 mg kg^{-1}), B (0,46 mg kg^{-1}), Mn (5,69 mg kg^{-1}), Cu (2,45 mg kg^{-1}), Zn (3,61 mg kg^{-1}).

2 Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo en parcelas divididas (PD), con cinco tratamientos y tres repeticiones, para un total de 30 unidades experimentales. En la parcela principal se evalúa el efecto de dos variedades de avena forrajera (Altoandina y Cayuse), mientras que la

subparcela, el efecto de los tratamientos descriptos en la **Tabla 23**. El factor de bloqueo estará determinado por la pendiente del terreno.

Tabla 23. Descripción de los tratamientos experimentales.

Tratamientos
T1 = 0 kg N ha^{-1} $año^{-1}$
T2 = 0 kg N ha^{-1} $año^{-1}$ + Vicia (*Vicia sativa* L.)
T3 = 50 kg N ha^{-1} $año^{-1}$
T4 = 100 kg N ha^{-1} $año^{-1}$
T5 = 150 kg N ha^{-1} $año^{-1}$

La distribución en campo de los tratamientos evaluados se muestra en la **Figura 12**

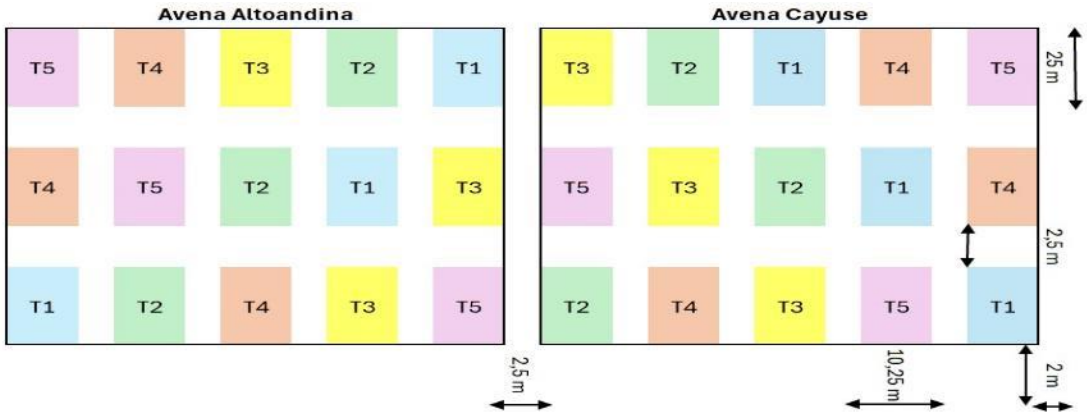


Figura 12. Distribución espacial de los tratamientos.

3 Establecimiento del experimento

3.1 Labranza del suelo.

Antes de iniciar las actividades de preparación del terreno, se verificó la consistencia del suelo para asegurar que estuviera friable (húmedo), ya que esta condición es la más adecuada para la mecanización. En este estado, el suelo es blando y la cohesión es óptima, lo que facilita la mecanización.

Para el corte, desbroce y control de la vegetación existente en el área destinada al cultivo experimental se utilizó una desbrozadora agrícola (**Figura 13A**). Posteriormente se realizó una pasada con rastra (**Figura 13B**) para aflojar el suelo, desbastar terrones mediante corte, mezclar y nivelar el suelo y eliminar malezas. A continuación, se realizaron dos pasadas con cincel rígido (**Figura 13C**) para desbastar las capas de suelo compactado que se habían formado cerca de la superficie. Finalmente se realizó una pasada con rastra excéntrica (**Figura 13D**) para afinar y nivelar aún más la superficie del suelo, optimizando su estado.

Figura 13. Labores de preparación del terreno para establecimiento del cultivo experimental

3.2 Delimitación en campo de unidades experimentales.

Con base en el mapa de campo (**Figura 12**), se llevó a cabo la demarcación de las 30 unidades experimentales (**Figura 14**), utilizando un decámetro, fibra sintética y estacas, de acuerdo con el área previamente determinada.

Figura 14. Demarcación de unidades experimentales

3.3 Siembra de material vegetal

La densidad de siembra para los tratamientos que incluyeron solo avena forrajera se estableció en 80 kg ha^{-1}, lo que indica que se distribuirán 2,05 kg de semilla por unidad experimental. En cambio, para los tratamientos que incluyeron avena forrajera con vicia, las densidades de siembra se definieron en 80 y 6 kg ha^{-1}, respectivamente, lo que significa que se distribuirán 2,05 kg de avena y 153,75 gramos de vicia por unidad experimental. La siembra se llevó a cabo mediante el método al voleo (**Figura 15A**), y posteriormente se cubrió la semilla utilizando ramas

de árboles (**Figura 15B**), simulando las prácticas tradicionales realizadas por pequeños productores con el uso de animales de tracción o tractores. Después se aplicó riego suplementario.

Figura 15. Siembra (A) y Cubrimiento de semilla (B)

3.4 Fertilización

La dosis de fertilización para cada uno de los tratamientos evaluados se describe en la **Tabla 24**. En el caso de las dosis de nitrógeno y potasio para cada uno de los tratamientos se fraccionó en tres aplicaciones: en la plantación (40%), en la etapa de macollamiento (30%) y al inicio de la floración (30%). Por otra parte, la dosis de fósforo se aplicó en su totalidad al momento de la siembra. Las fuentes de fertilizantes que se aplicaron fueron: urea (46 % N), fosfato diamónico (18 - 46 - 0) y cloruro de potasio (0 - 0 - 60) (**Figura 16**).

Tabla 24. Dosis de fertilización para cada uno de los tratamientos a evaluar

Tratamientos	Dosis (kg ha^{-1})	Fuente	Cantidad aplicar por UE (kg ciclo productivo^{-1})	Fraccionamiento (g)		
				1° Aplicación	2° Aplicación	3° Aplicación
1 y 2	0 de N	Urea	---	---	---	---
	90 de P_2O_5	DAP	5,01	---	---	---
	30 de K_2O	KCl	1,28	512	384	384
3	50 de N	Urea	2,79	218,2	837	837
	90 de P_2O_5	DAP	5,01	---	---	---
	30 de K_2O	KCl	1,28	512	384	384
4	100 de N	Urea	5,57	1.330	1.670	1.670
	90 de P_2O_5	DAP	5,01	---	---	---
	30 de K_2O	KCl	1,28	512	384	384
5	150 de N	Urea	8,36	2440	2.510	2.510
	90 de P_2O_5	DAP	5,01	---	---	---
	30 de K_2O	KCl	1,28	512	384	384

Los fertilizantes de aplicaron al voleo teniendo en cuenta su compatibilidad química (**Figura 16**).

Figura 16. Fuentes de fertilizantes (A) y Aplicación al voleo (B)

- **LIMITANTES TÉCNICAS PARA LA ADECUADA EJECUCIÓN DE LA FASE, EN EL CUATRIMESTRE REPORTADO**

Distribución irregular de los patrones de precipitación en el departamento de Nariño, con bajas precipitaciones para los meses de octubre y noviembre.

ACTIVIDAD Centro de investigación Turipaná, Cordoba.

Localización: El estudio se estableció en la Sede El Carmen de Bolívar, adscrita al C.I Turipaná de AGROSAVIA, ubicada en el km 1 en la vía que conduce a Zambrano, Bolívar - Colombia; localizada a 125 m.s.n.m., con Latitud Norte 9°43´06.0" y Longitud Este 75°06´16.5. La zona está clasificada como bosque seco tropical, temperatura promedio de 27,4ºC, humedad relativa de 72% y precipitación total anual de 1.099 mm; con época de lluvias comprendida entre los meses de abril a noviembre, donde se registra aproximadamente el 85% de la precipitación, y la época seca desde noviembre hasta mediados de abril, una intensidad promedio mensual de brillo solar 234,5 h.

Características del suelo.
El suelo se caracteriza por presentar una textura arcillosa, pH alcalino, aceptable contenido de materia orgánica, alto contenido de calcio, fósforo, magnesio y potasio, contenido normal de sodio, capacidad de intercambio catatónico alta, deficiencia de elementos menores especialmente de azufre, hierro, manganeso, y zinc; además de concentraciones altas de cobre y boro (tabla 1).

Tabla 1. Análisis de las características físicas y químicas del suelo, Lote 11, sede El Carmen de Bolívar.

Textura	pH	MO	Ca	P	Mg	K	Na	CIC	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Ar	7,96	g/100 g	cmol/kg	mg/kg	cmol/kg				mg/kg					
		2,32	28,7	79,7	3,07	0,63	0,2	32,6	8,99	4,17	11,85	<1	1,83	0,48

Multiplicación del material C. ciliaris CIAT 6642

Vivero: En pequeñas parcelas se realiza la multiplicación de material vegetativo del pasto C. ciliaris con el fin de aumentar el material que se requiere para la ampliación de áreas requeridas para la evaluación animal.

Campo: Se cuenta con un área de 2 ha para el establecimiento de la pastura, en la cual se preparó el suelo con dos pases de arado y una de rastra pesada. Posteriormente, se realizó la siembra mediante material vegetativo del pasto C. ciliaris CIAT 6642, con una distancia de siembra 0,5 m x 0,5 m entre plantas. Con el fin de garantizar el establecimiento durante los periodos de menor precipitación en la zona, se contempló la adquisición de un sistema de riego por aspersión mediante cañón.

Se realizó un corte de uniformización en el área delimitada con el fin de adelantar las evaluaciones sobre el uso de fertilización nitrogenada donde se valorará el efecto de la fertilización nitrogenada sobre producción y calidad nutricional del forraje al igual que las emisiones de GEI. Sobre áreas previamente establecidas en *C. ciliaris* se delimitó un área de 200 m2, con el fin de establecer 12 parcelas de 4 m2, las cuales se distribuirán bajo un diseño de bloques completos al azar y donde se valorará el efecto de la fertilización nitrogenada sobre producción y calidad nutricional del forraje al igual que las emisiones de GEI. Las variables respuestas por monitorear corresponderán a la altura, cobertura, vigor, contenido de materia seca y rendimiento de forraje con base en la metodología propuesta por la Red Internacional de Pastos Tropicales (RIEPT) (Toledo & Schultze-Kraft, 1982). Para determinar la calidad nutricional del forraje se tomarán muestras de 250 g de forraje verde, las cuales serán sometidas a ventilación forzada en una estufa por 48 h, donde se determinará el contenido de materia seca, luego serán enviadas al laboratorio de nutrición animal ubicado en el Centro de Investigación Tibaitata de Agrosavia (Mosquera, Colombia), donde se realizará el análisis bromatológico mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano NIRS (Ariza et al., 2017), con el equipo (NIRS DS 2500 - FOSS Analytical A/S – Dinamarca), teniendo en cuenta los métodos de referencia.

Establecimiento de sistema rotacional.

En el área establecida de la pastura, que corresponde a 2 ha se realizará el respectivo montaje de un sistema rotacional para la posterior evaluación de respuesta animal. Para ello se hizo la medición del área y levantamiento en un plano, donde se realizaron las divisiones de los potreros a establecer, cada potrero será de 2.500 m2, para un total de 8 potreros. Este será provisto de un suministro de acueducto interno para proporcionar el agua de forma constante a los animales. Actualmente, se está a la espera de los materiales que fueron solicitados para realizar el montaje en campo

Conclusiones

Se continuará avanzando con las mediciones y muestreos propuestos en función de estado fenológicos de los genotipos establecidos en el experimento de campo.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Para la actividad a cargo de Agrosavia, se define que los experimentos se montaran en centros de investigación de Cordoba, CI Turipana y Nariño, CI Obonuco.

Evidencias

- Reporte de investigación adjunto
- Archivos anexos en .XLS de dos ensayos bajo condiciones invitro de metanogénesis
- Lista de forrajes con su composición histórica acuerdo a los priorizados por el ciat
- Composición de los materiales forrajes cosechados por CIAT.

Tabla 25. Implementaciones de parcelas experimentales en Maiz componente 1

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF/ 1.2.2
Actividad 1.4. Generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático Subactividad 1.4.2. Mejora del rendimiento de modelos de predicción climática, modelos de procesos fisiológicos y de plagas y enfermedades (Sensoramiento remoto).
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Parcela demostrativa
Sistema Productivo
Maiz
Descripción
En la región Caribe (Córdoba), se establecieron las parcelas de maíz (Figura 2) bajo tres sistemas de labranza (Convencional, Siembra directa y labranza Vertical) y sometidas a 3 niveles de nutrición (100% química o sintética,

50% Química + 100% Biológica y 100% Biológico). Se utilizó una variedad de maíz de grano amarillo (AGROSAVIA V-117). Se han tomado algunas variables de suelo y planta, como humedad gravimétrica, temperatura y conductividad eléctrica, altura de planta, numero de hojas, unidades SPAD, índices de vegetación (NDVI), entre otras variables. En el CI Nataima (Tolima), se realizó la siembra mecanizada del genotipo de maíz hibrido 30F35VYHR empleando una densidad de siembra de 65.000 plantas por hectárea (Figura 3), condición predominante en la zona de estudio. Además de ello, previo a la siembra se realizaron las labores de preparación de suelos, trazado de las parcelas experimentales, toma de muestras para determinar los contenidos de nutrientes y condición física del lote experimental. Al finalizar la siembra se realizó la instalación de las mangueras y las entradas de agua para la implementación del sistema de riego MIRI.

Justificación

Se realizará seguimiento agronómico al cultivo, registro de información en campo, verificación del funcionamiento de los sistemas de monitoreo y descarga de información. Este componente tiene 3 actividades que se realizan en los centros de Investigacion Turipaná (Caribe húmedo) y Nataima (Valles Interandinos). Las actividades son las siguientes:

- Realizar los protocolos con la metodología para la implementación de los ensayos experimentales en campo.
- Establecimiento de los ensayos experimentales en los sitios priorizados y reporte de datos.
- Reporte de las bases de datos de las amenazas fitosanitarias, debidamente georreferenciadas.

Materiales y equipos comprados para la implementación

Adquiridos previamente y durante el proyecto

Registro fotográfico

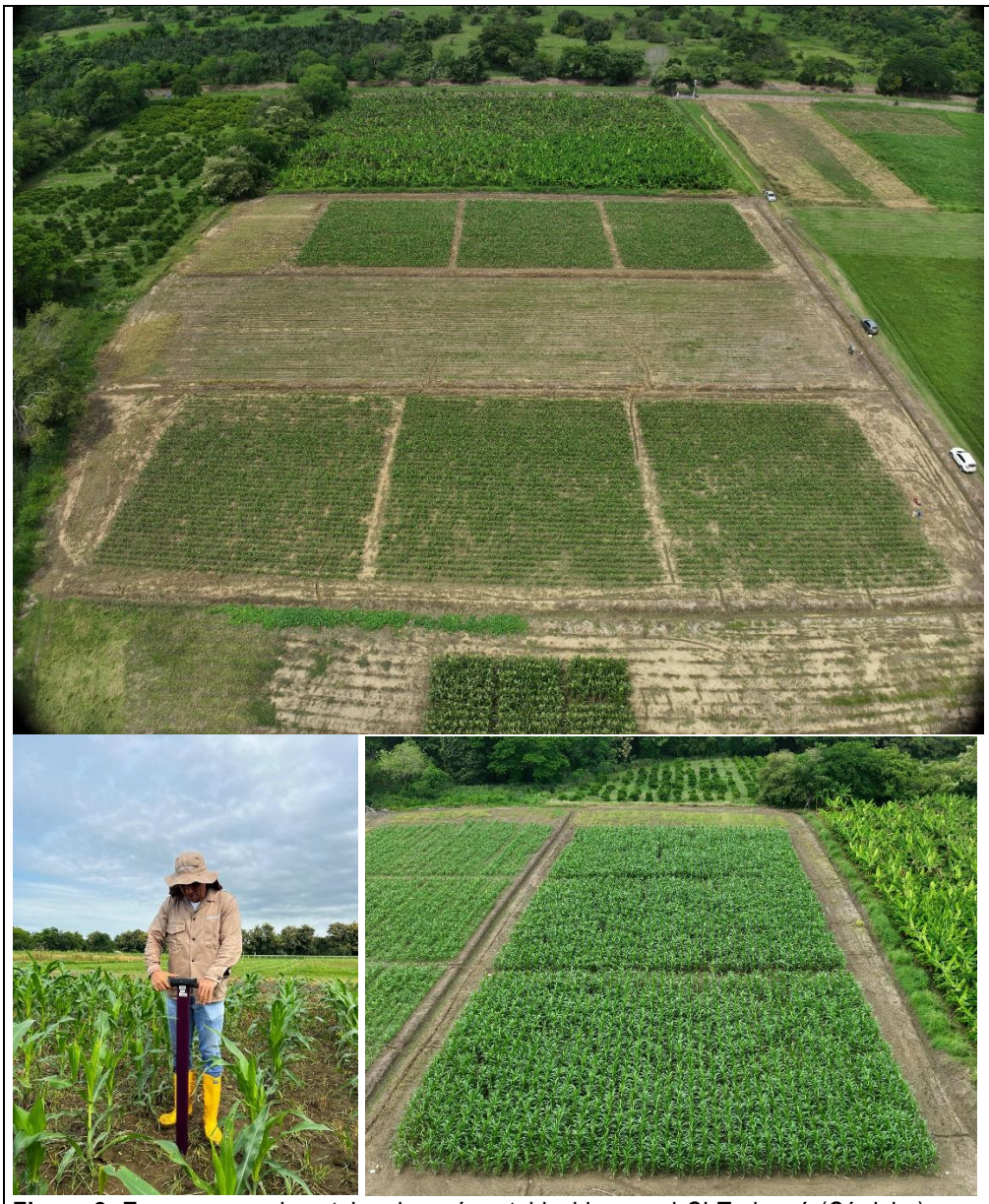


Figura 2. Ensayos experimentales de maíz establecidos en el CI Turipaná (Córdoba) con diferentes sistemas de labranza y nutrición

Figura 3. Establecimiento de ensayos de maíz con diferentes técnicas de riego y nutrición en el CI Nataima (Tolima).

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Centro de Investigación Turipaná, Km. 13, vía Montería - Cereté, Córdoba; Centro de Investigación Nataima, Kilómetro 9 vía Espinal, Ibagué Tolima

Resultados

- **Protocolo con la metodología para la implementación de los ensayos experimentales en campo CI Nataima**

1. **Protocolo para el diseño experimental para el análisis de las diferentes técnicas de riego**

Se estableció un experimento bajo un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con dos diferentes técnicas de riego (precisión por múltiple entradas y control) y dos tipos de fertilización (convencional y bioproductos) en un área de 1 ha. Cada una de las técnicas de riego tiene 4 repeticiones con un área total de 0,33 has (Figura 1).

Este experimento se llevara a cabo en mínimo tres ciclos productivos. Se empleará un hibrido de maíz de endospermo amarillo, teniendo en cuenta su representatividad en términos de área sembrada en el sistema productivo de maíz tecnificado de la zona centro del departamento del Tolima. Estos experimentos ya fueron establecidos en un lote ubicado en el C.I Nataima de AGROSAVIA ubicado en el municipio de El Espinal. Donde, se esta monitoreando el contenido de agua del suelo y planta para cada una de las técnicas de riego, con esta información se determinará la frecuencia de riego para cada tratamiento. Se instalaron aforadores de caudal UTAH sin cuello (LYNKS INGENIERIA) a la entrada de agua de cada franja, para determinar el volumen de agua aplicado.

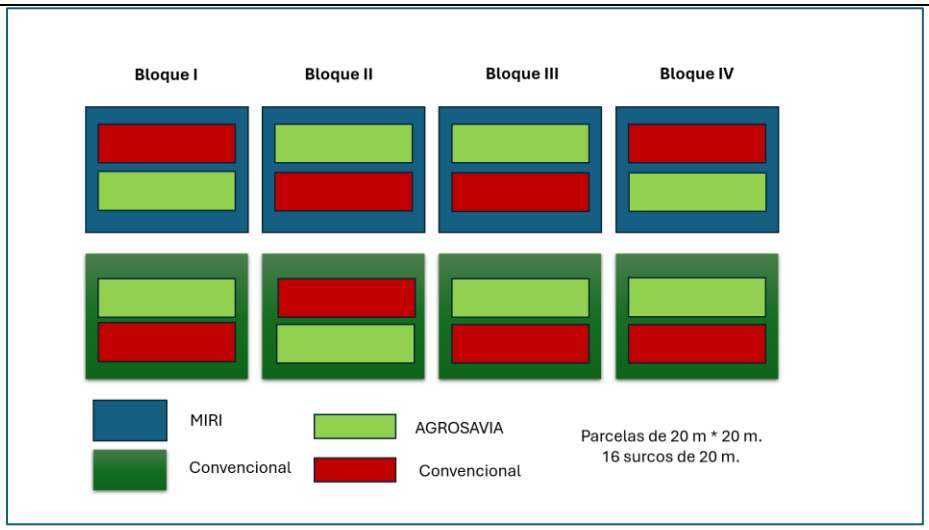


Figura 17. Diseño experimental evaluación de técnicas de riego y tipos de fertilización.

Técnica de riego de precisión por múltiples entradas (PME): Se compone principalmente por una manguera de polietileno (PBD) y una serie de compuertas (ventanas) que conducen el agua por gravedad de forma controlada y eficiente a todo el lote productivo, reduciendo de esta forma pérdidas de agua por escorrentía, evaporación e infiltración (PyR, 2012). Esta técnica permite reducir los consumos de agua y mano de obra comparado con el sistema de riego tradicional por inundación (Pineda, D. Sanchez-Roman, R. 2016).

Siendo este un sistema de conducción de agua de baja presión tiene ventajas como lo es su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, reutilización, aumento de la eficiencia en la labor de riego entre otras. Pineda, D. Castilla-lozano, L. (2019). La manguera tiene un diámetro de 6 a 18 pulgadas dependiendo del caudal y área a regar, se debe instalar desde la entrada principal de agua conduciéndola por la cota más alta del terreno permitiendo de esta manera una buena distribución del agua. Se instalarán compuertas o ventanas separadas una de otras de 5 a 12 m dependiendo de la pendiente.

Control (Riego por gravedad-inundación): Método de riego tradicional que, como las técnicas anteriores, requiere de un levantamiento topográfico previo para la construcción de caballones para la distribución del agua. González et al., (2016). Consume grandes volúmenes al mantener una lámina de agua continua durante gran parte del ciclo productivo. Es un sistema poco tecnificado, con baja uniformidad, que presenta grandes pérdidas de agua por infiltración y escorrentía. La distribución del agua se realiza de manera empírica de acuerdo con el conocimiento del lote por parte del regador, sin ningún tipo de control en cuanto lamina y volumen de agua. El manejo se hará de acuerdo con las practicas locales y recomendaciones del asistente técnico.

Registro de datos en campo

- Se instalará un módulo de monitoreo para datos meteorológicos y sensores para determinar la humedad del suelo en cada parcela.
- Semanalmente se hará visita técnica a las parcelas con el fin de hacer seguimiento agronómico al cultivo, registro de información en campo, verificación del funcionamiento de los sistemas de monitoreo y descarga de información.
- Cada 15 días se realizará muestreo en campo para contenido de agua del canopy (CWC), contenido volumétrico de la humedad del suelo (TDR 350), cálculo de índices de vegetación e índices térmicos mediante cámara multiespectral y estimación de rendimiento y índices de cosecha.
- En la entrada de agua de riego de cada parcela, se instalarán aforadores de riego UTAH sin cuello de 30 LPS (LYNKS INGENIERIA) para monitorear el caudal que ingresa al lote, determinando así el volumen de agua aplicado durante el ciclo productivo.

2. Protocolo para el manejo de la nutrición con énfasis en nitrógeno (N) y fosforo (P).

El manejo de la nutrición se propone como un segundo factor de evaluación mediante la práctica de fertilización enfocada en los elementos nitrógeno (N) y fosforo (P). Destacando dos tratamientos generales, como lo son la fertilización convencional o manejo del productor en el que se realizara una fertilización empleando el 100% de estos dos elementos, partiendo de un requerimiento nutricional de 200 kg de N y 80 kg de P por hectárea en un hibrido de maíz tecnificado. Frente a este tratamiento se contempla un segundo denominado "AGROSAVIA", en el cual se considera una reducción del 30% de la dosis de estos elementos. Junto a ello, se promueve la utilización de dos cepas de *Azotobacter chroococcum* (AC1+ AC10) que hacen parte de un conjunto de bacterias que poseen un complejo enzimático capaz de reducir el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio (NH_4^+), el cual puede ser asimilado por las plantas. Estas cepas se encuentran registradas como bioproducto de la corporación bajo el nombre MONIBAC® con una concentración mínima de $1x10^8$ UFC/mL. Adicionalmente, el uso de la cepa *Rhizobium pusense* B02 con una concentración mínima de 1x108 UFC/mL, el cual es una bacteria promotora de crecimiento vegetal que actúa mediante múltiples actividades metabólicas como solubilizar fosforo y que actualmente se encuentra registrada como bioproducto de la corporación bajo el nombre FOSFOTAL®. La forma de inoculación de estos bioproductos se realizará de forma edáfica siguiendo las instrucciones de uso especificadas en la ficha técnica y los estados fenológicos recomendados. De igual forma se presenta en la Tabla 1, el plan de manejo de la fertilización edáfica empleado en el cultivo de maíz tecnificado para la región.

Tabla 1: Plan de fertilización de los experimentos en campo.

# Fertilizaciones	Etapa del cultivo	Nutrientes
1 fertilización (Preabonada)	Preemergencia	100% de P, 20% de N y 20% de K
2 fertilización (8 - 12 7dde)	V3 - V5	100% de Menores, 30% de N, 30% de K, 100% de Ca, 50% de S y 50% de Mg.
3 fertilización (18 - 22 dde)	V6 - V8	30% de N, 30% de K, 50% de S y 50% de Mg
4 fertilización (28 - 32 dde)	V9 - V11	20% de N, 20% de K.

*Las fuentes de fertilización serán fertilizantes de síntesis química simples o compuestos.

Variables respuesta:

Se establecerá el mismo diseño del numeral 1. En cada unidad experimental se evaluarán las siguientes variables:

- **Índices de vegetación:** Se tomarán fotografías multiespectrales con una cámara Altum sobre una plataforma UAV, a una altura de 80 metros. Con la información de reflectancia y absorbancia se calcularán en cada unidad experimental los índices NDVI, NDRE, RVI y RERVI.

- **Contenido de nitrógeno total estimado con sensoramiento proximal:** Con el clorofilometro (SPAD 502, Konica-Minolta) se evaluará el contenido relativo de clorofila en la hoja bandera y la subsiguiente realizando tres mediciones por hoja (Basal, media y distal).
- **Índice de área foliar:** Se estimará el índice de área foliar con un ceptometro accupar-80 (Decagon devices).
- **Concentración de nitrógeno:** Se tomará la parte aérea de la planta y se separará por órgano (tallo y hojas). Estas serán secadas a 60°C hasta peso constante. Posteriormente se cuantificará la concentración de nitrógeno mediante análisis de tejido en los laboratorios del CI Tibaitatá. Con esta información se cuantificará la concentración de nitrógeno a nivel de planta.
- Contenido de nutrientes y bromatología mediante el uso de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).

Las variables descritas anteriormente serán evaluadas a los 25, 40 y 55 días después de la emergencia o 10 días después de la aplicación de la fertilización nitrogenada.

- **Rendimiento de grano:** En cada unidad experimental se cosecharán de forma manual 4 metros lineales. Se realizará el desgrane de forma mecanizada. Los granos serán pesados en una balanza analítica. Se estimará la humedad del grano y se realizará la corrección para estimar rendimiento al 14%.

- **Análisis de datos:** Se realizarán análisis de correlaciones entre los métodos de estimación de nitrógeno (índices de vegetación y SPAD) y la concentración del elemento estimada por análisis elemental. Se realizarán modelos de regresión que permitan estimar el contenido de nitrógeno por los métodos propuestos.

3. Protocolo para el monitoreo de la humedad en el suelo y el estado hídrico de la planta por técnicas de riego

Esta actividad se realizará con la siguiente frecuencia: 0 a 20 DDE 1-2 muestreos, 20 a 60 DDE 1-2 muestreo, 60 a 80 DDE 1 muestreo, 80 a 100 DDE 1 muestreo. En cada día de muestreo se determinarán las siguientes variables:

Contenido de agua del canopy (CWC): Se tomarán 20 puntos de muestreo por cada. Cada muestra estará compuesta por dos plantas que serán georreferenciadas. De estás se tomarán 200 cm^2 de tejido foliar y se determinará el peso fresco en una balanza analítica. Posteriormente se llevarán a 65°C hasta peso constante y se evaluará el peso seco. El EWT sera estimado con estos datos ($EWT = \frac{(FW-DW)}{200cm2}$). También se medirá el índice de área foliar usando un ceptometro Accupar LP-80 (Meter group, WA, USA) empleando la metodología descrita por Quevedo et al. (2020). El contenido de agua del canopy en g cm^{-2} se cuantificará con la siguiente formula ($CWC = EWT * LAI$) (Panigrahi & Das 2020). Se tomarán 20 muestras por repetición en cada muestreo.

Humedad volumétrica del suelo: En cada uno de los 20 puntos evaluados para determinar el CWC se medirá la humedad volumétrica de suelo con un TDR 350 (Spectrum Technologies Inc, Aurora, IL USA).

Índices de vegetación con cámara multiespectral: Desde una plataforma UAV se tomarán imágenes de reflectancia en seis longitudes de onda (475, 560, 668, 717, 842 nm y LWIR infrarrojo 8-14um) empleando una cámara multiespectral Micasense Altum (Micasense). Estas imágenes serán obtenidas a una altura de vuelo de 80 m. Con la información de reflectancia se calcularán los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y de diferencia normalizada del rojo lejano (NDRE), relación simple (SR), índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) y exceso de verde (EXG).

Índices térmicos: Con las imágenes de reflectancia de LWIR infrarrojo se calcularán los siguientes índices: diferencia de temperatura del canopy (CDT) ($CDT = Taire - Tcanopy$) (Biju et al. 2018). Índice de déficit hídrico del cultivo (CWSI) ($CWSI = \frac{Twet-Tcanopy}{Twet-Tdry}$). Indicador de la conductancia estomática será calculado siguiendo la metodología descrita por Iseki & Olaleye (2020).

Índices de vegetación con sensores proximales: El NDVI será determinado con un sensor de cultivos portátil Trimble GreenSeeker (Gutiérrez-Soto et al. 2011). El índice de vegetación de reflectancia fotosintético será cuantificado con un sensor SRS-PRI (Meter group, WA, USA) Castro & Sanchez-Azofeifa, 2018). Estos índices serán determinados en los mismos puntos de evaluación de CWC.

Fluorescencia de la clorofila: Las variables de eficiencia fotoquímica del PSII (ΦPSII), quenching fotoquímico (qP) y no fotoquímico (NPQ) serán determinados con un Multispeq (PHOTOSYNQ INC, MI USA).

Rendimiento de grano e índice de cosecha: Se medirá el peso de grano y el porcentaje de humedad de 20 m^2 por repetición. También se medirá el peso seco de la parte aérea en 5 m^2. Con esta información se determinará el rendimiento de maíz en kg ha^{-1} y el índice de cosecha (Quevedo et al. 2020).

4. Protocolo para la determinación de variabilidad espacial y temporal de humedad del lote mediante la CEa (EM38).

Se realizará la medición geoespacial de la CEa con el sensor Geonics® EM38-MK2 con el fin de cuantificar y manejar diferencialmente la variabilidad espacial y temporal de humedad del lote mediante la conductividad eléctrica aparente (CEa). El sensor utiliza la inducción electromagnética para medir la conductividad eléctrica aparente de una columna de suelo, sin entrar en contacto con este, hasta una profundidad de observación específica.
En la actividad se presentarán los avances de una investigación en la cual se usa el sensor de conductividad eléctrica aparente (CEa) para identificar zonas de manejo. Los ensayos de campo se realizarán en lotes comerciales. Se usará el sensor EM38-MK2 para tomar datos de CEa en transectos paralelos espaciados entre si 20 m, con una profundidad de exploración de 0,75 m. Simultáneamente, se tomarán datos de contenido de agua. El análisis de datos incluyera estadística descriptiva y elaboración de mapas de CEa y de contenido de agua en el suelo en un Sistema de Información Geográfico, esto permitirá identificar las diferentes zonas de manejo. En cada zona se realizarán muestreos de suelo para análisis en laboratorio de propiedades fisicoquímicas. La metodología usada hará un aporte significativo al manejo por sitio-específico de lotes productivos en la agricultura.

5. Protocolo para la aplicación de geo-estadística y técnicas de Machine Learning para estudio de variabilidad de propiedades hidrofísicas de suelos.

Inicialmente se llevará a cabo el análisis exploratorio de datos en cada una de las propiedades y/o variables evaluadas, calculando medidas de tendencia central y de dispersión (Rodríguez; et al., 2016). Posteriormente, se evaluará la normalidad, estacionariedad y dependencia espacial en cada una de las variables. En el análisis de dependencia espacial, se calcularán los semivariogramas, se evaluarán diferentes modelos dentro de los que se encuentran exponencial, esférico, gaussiano, entre otros, y se calcularán los parámetros de efecto pepita, silla y rango (Hernández et al., 2018). La bondad de ajuste de la predicción se medirá por validación cruzada y se seleccionará el mejor modelo a través del coeficiente de validación cruzada (CVC) más cercano a uno y la menor raíz del error cuadrático medio (RMSE) (Cortés *et al.*, 2016). Para la interpolación, se usará kriging ordinario o universal dependiendo si la variable fue corregida en estacionariedad o no (Jaramillo et al., 2013). El mapeo de las variables se realizará usando el programa R, ArcGIS o QGIS. En orden de identificar sitios óptimos de futuros muestreos que representen el área de estudio basado en previas interpolaciones, varias aproximaciones han sido desarrolladas para crear esquemas de muestreo, una de las más usadas es el hipercubo latino condicionado (Minasny y McBratney 2006) disponible en la librería *clhs* de R.
Para la determinación de zonas diferenciales de humedad para la aplicación de dosis variables de riego según la variabilidad de propiedades hidrofísicas del suelo. La definición de zonas de manejo se derivará de la combinación de propiedades de suelo, información de sensoramiento y factores topográficos. Dependiendo de la cantidad de variables, se optará por el método de componentes principales espaciales (MULTISPATI-PCA) para sintetizar e interpretar la información obtenida (Dray et al., 2008, Córdoba et al., 2012). Posteriormente, se utilizará el algoritmo *fuzzy c-means* (Ortega y Santibáñez 2007, Pimentel y de Souza 2013, Rodrigues y Corá, 2015; Tripathi et al., 2015; Gavioli et al., 2016) que ha sido ampliamente aplicada en agricultura de precisión. Se utilizarán las librerías de R, gstat, e1071, adespatial, maptools, geoR, entre otras que proveen diferentes componentes geoestadísticos desde análisis de la semivarianza, interpolación como Kriging, componentes principales espaciales y análisis de clúster.

6. Protocolo para el desarrollo de un algoritmo para la determinación del estado hídrico de la planta basado en los datos agronómicos y los índices de vegetación (a partir del año 2)

Análisis exploratorio y descriptivo de variables: Con los variables obtenidas en la actividad anterior, se llevará a cabo un análisis exploratorio de los datos para detectar datos atípicos, distribuciones de las variables y medidas de tendencia central dispersión y forma.
Análisis bivariado de datos: Se realizará un análisis de correlación de Pearson y/o Spearman dependiendo la distribución de las variables, entre el CWC y las diferentes covariables evaluadas. Estos análisis se llevarán a cabo

discriminando por técnicas de riego y teniendo en cuenta las diferentes evaluaciones realizadas. Se llevarán a cabo matrices de correlación y un gráfico de correlación entre CWC con todas las variables, además de pruebas de correlación con una significancia al 5%.

Métodos basados en regresión lineal: Para cada técnica de riego, se explorarán regresiones lineales simples, polinómicas, regresiones potenciales, exponenciales y/o logarítmicas para evaluar la relación individual de cada covariable con el CWC. Por otro lado, se realizarán regresiones lineales múltiples por mínimos cuadrados entre el CWC y las bandas espectrales, índices de vegetación e índices térmicos en las diferentes etapas del cultivo. Inicialmente, se tendrán en cuenta los índices que tengas correlación significativa con la conductancia estomática y fluorescencia de la clorofila (Gago et al., 2015; Leroux et al., 2016). Posteriormente, se incorporarán todas las variables en el modelo y mediante el método de selección paso a paso, se seleccionarán las covariables significativas ($p<0,05$). Muchos estudios han sugerido que estos índices están cercanamente relacionados al CWC (Colombo et al., 2008; Cheng et al., 2014, Ihuoma y Madramootoo, 2017). Finalmente, el mejor modelo se seleccionará por el menor coeficiente de información de Akaike e información bayesiana, se evaluarán los supuestos del modelo (normalidad, homocedasticidad, colinealidad, independencia de errores).

Métodos basados en aprendizaje de máquina "Machine Learning": Con las variables anteriormente descritas, se llevarán a cabo métodos de regresión no lineales de aprendizaje de máquina como Random forest (RF), redes neuronales- Multilayer Perceptron (MP), máquinas de soporte vectorial (MSV), entre otros. RF es un algoritmo de aprendizaje automático robusto y supervisado que se utiliza para la clasificación y regresión (Breiman, 2001). MP se han usado para relacionar datos de bandas espectrales e índices de vegetación con el potencial hídrico del tallo en cultivos de uva (Poblete et al., 2017). MSV para identificar tipos de riego en cultivos (Zheng et al., 2015). Para la preselección de variables se usará el selector secuencial de características, este selector agrega (selección hacia adelante) o elimina (selección hacia atrás) características para formar un subconjunto de características de una manera codiciosa. En cada etapa, este estimador elige la mejor característica para agregar o eliminar según la puntuación de validación cruzada de un estimador (se puede seleccionar entre varios estimadores como RF, KNN, etc). Está técnica está implementada en el software Python (Ferri et al., 1994; Pudil et al., 1994).

Validación de modelos de regresión imágenes UAV: Con el fin de validar el modelo, el conjunto de datos se dividirá en dos: el primer conjunto fue usado para ajustar el modelo (muestra de entrenamiento) y el segundo para validarlo (muestra de prueba). Un 75% del conjunto de datos de la muestra original se extraerá al azar de la muestra de entrenamiento. El restante (25%) se utilizará como conjunto de prueba. Además, teniendo en cuenta que el enfoque basado en el aprendizaje automático puede estar sujeto a sobreajuste, se comparará el rendimiento del algoritmo basado en un enfoque de validación cruzada de cinco veces (Lin et al., 2020). Para validar los modelos tanto lineales como no lineales, se utilizarán medidas como el coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error cuadrático medio (RECM) y algunas medidas como el coeficiente de eficiencia (COE), índice de acuerdo (IOA), cantidad de varianza explicada (AVE) (Araujo-Carrillo et al., 2020). Finalmente, con toda esta información, se compararán los diferentes métodos y se seleccionará el mejor modelo (Barrero et al., 2020). El análisis de datos y determinación de los algoritmos se llevarán a cabo en el paquete estadístico R (R Core Team, 2019) y/o en el software Python (Van Rossum y Drake, 2009).

7. Protocolo para el manejo fitosanitario

A partir de las parcelas experimentales establecidas, con el diseño experimental antes descrito se registrarán las siguientes variables para enfermedades sistémicas y foliares en maíz:

Clima: Se registrarán datos diarios de temperatura máxima, mínima, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento hasta la etapa de cosecha. Estas variables serán registradas con la estación meteorológica previamente emplazada en la parcela experimental.

Inventario de arvenses: Se realizará una cuantificación por transectos de las especies de arvenses dentro y fuera del campo. Con esta información se calculará la densidad por metro cuadrado de cada arvense.

Rendimiento de grano: En la cosecha se cuantificarán el número de plantas a cosecha, prolificidad y rendimiento

de grano.
Las siguientes variables serán evaluadas desde la emergencia del cultivo hasta la fase reproductiva, con una frecuencia de 8 días.
Fenología: Cada semana se determinará el estadio fenológico en el que se encuentran las plantas. Este se evaluará de acuerdo con la escala BBCH propuesta para maíz (Lancashire et al., 1991).
Incidencia de *D. maidis*: Se cuantificará el número de insectos mediante el empleo de trampas amarillas establecidas en cinco puntos de la unidad experimental.
Las siguientes variables serán evaluadas en VT.
Incidencia y severidad de enfermedades sistémicas y foliares: Se cuantificará el número de plantas con presencia de síntomas. El grado de cada una de las enfermedades será evaluada con base en las escalas reportadas por Cimmyt, 1995.
Cuantificación de nutrientes en tejido: Se realizarán análisis de tejido foliar que permitan la valoración del contenido elementos mayores Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Silicio (Si) en plantas con y sin síntomas de enfermedad.
Análisis de datos: Los datos se analizarán mediante algoritmos de árboles de decisión, random forest y regresión por mínimos cuadrados parciales. Se identificarán variables de importancia altamente asociadas con la presencia de cada una de las limitantes fitosanitarias identificadas en la unidad experimental. Además de la identificación de condiciones climáticas que disminuyen la probabilidad de presencia y efecto del complejo sobre el rendimiento del cultivo de maíz

CI TURIPANÁ

8. Protocolo para las estrategias de labranza y recomendaciones de nutrición en el sistema de producción maíz, con enfoque de agricultura climáticamente inteligente.

El estudio se llevará a cabo en el Centro de Investigación Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Lote vitrina agrícola, ubicado a 8°51' N, 75°49' W en el municipio de Cereté, Córdoba, Colombia. Su altitud es de 14 m, con precipitación acumulativa de 1200 mm año^{-1}, temperatura media de 28°C y humedad relativa media de 82%. Las precipitaciones en la región presentan comportamiento bimodal, con dos periodos bien definidos, uno lluvioso comprendido entre los meses de abril y noviembre, y otro seco entre los meses de diciembre y marzo. Según Holdridge (1982), el área de estudio pertenece a la zona agroecológica Bosque Seco Tropical (Bs-T). Se sembrará una o varias variedades de maíz de Agrosavia de amplia adaptación.
Los tratamientos (TTO) que se evaluarán serán:
- **Estrategias de mecanización 1:** Labranza cero (LCero) o siembra directa, sobre un lote que venga de siembra de maíz convencional se realizara la siembra del cultivo de maíz mecanizado de forma directa.
- **Estrategia de mecanización 2:** Labranza convencional o tradicional (LT), en un área específica se realizará la siembra de acuerdo con las labores implementadas de manera cultural en la región o zona de interés (p.e. dos pases de rastra y un pase de pulidor).
- **Estrategia de mecanización 3:** Labranza de conservación o sustentable (LC), en un área específica se realizarán labores de conservación enfocadas a mejorar la infiltración, aireación, nutrición y captura de carbono en el suelo, para tal fin se realizará acondicionamiento inicial del suelo por medio de la implementación de labranza profunda (cincel rígido), acondicionamiento de cama de la semilla (rastra pesada y pulidor), estas labores se realizarán solo una vez, durante el ciclo de uso del área.

Durante los periodos de descanso del área de interés sobre las estrategias de mecanización 1 y 2, se implementará el uso de cultivos de rotación, la selección del cultivo de interés que se implemente será verificado con las asociaciones, gremios y academia de cada región. Para el caso de la estrategia de mecanización 3, se implementará el uso de coberturas como frijol y/o oleaginosas (soya), con alto potencial de fijación de nitrógeno atmosférico.
- **Recomendaciones de nutrición edáfica 1:** Partiendo del conocimiento regional del cultivo de maíz y las prácticas de nutrición implementadas (investigación, profesionales, técnicos y agricultores), se recopilará toda esa

información, con la finalidad de consolidar un tratamiento de fertilización que represente todo este conocimiento. (100% fertilización química)

- **Recomendación de nutrición edáfica 3:** partiendo de investigaciones realizadas por AGROSAVIA y el potencial productivo de los materiales implementados durante la siembra, se realizará una combinación de estrategias químicas (50% de fertilización química requerida + 50% fertilización biológica con el uso de biofertilizantes)
- **Recomendación de nutrición edáfica 4:** fertilización 100% biológica.

Diseño experimental

Se utilizará un diseño en de bloques completos aleatorizados en parcelas divididas, donde la parcela principal serán las estrategias de mecanización (EM) y la subparcela serán las recomendaciones de nutrición edáficas (Figura X). El bloqueo corresponderá de acuerdo con el caso a condición de drenaje del suelo (bien, mediano, imperfecto y mal drenado).

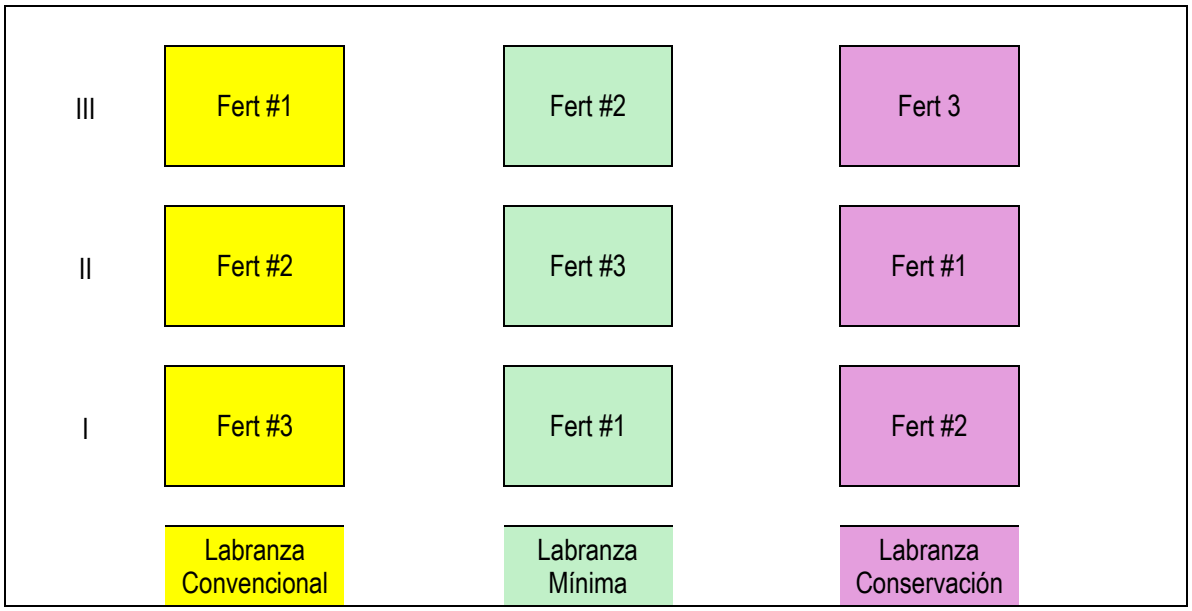


Figura X. Tratamientos implementados en el sistema de producción maíz

Variables a evaluar:

Parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo: Se tomarán muestras disturbadas e indisturbadas de suelo (0 – 10 cm; 10-20 y 20 – 30 cm de profundidad) para determinar parámetros fisicoquímicos y biológicos de suelo, en cada punto de muestreo seleccionado se construirán cajuelas de evaluación (30 cm x 30 cm x 30 cm), las cuales se ubicarán en la zona central del lote, excluyendo áreas inundables, zonas de acumulación, cerca de canales de riego y/o drenaje.

se evaluaran propiedades físicas del suelo como es el caso de la Densidad aparente (Da), utilizando la metodología del cilindro de volumen conocido (Burt, 2014), donde se relaciona el peso seco de suelo, luego de ser sometido a temperatura de 105°C por un periodo de 24 hr; la estabilidad estructural del suelo, utilizando el método de tamizado en húmedo (IGAC, 2006); densidad real, utilizando la metodología del picnómetro (Burt, 2014); la distribución de partículas en el suelo - textura, se determinó por el método de Bouyoucos (IGAC, 2006), estos parámetros se determinaran en laboratorio; La resistencia mecánica a la penetración (RMP) se determinara por medio del equipo Penetrologger de la marca Eijkelkamp. De forma indirecta por medio de formula, se realizó el cálculo de la porosidad total (Bernabé & Maineult, 2015) y el diámetro medio ponderado (DMP) se realizó por medio de la formula descrita por Zhao et al., (2017).

Los parámetros químicos de suelo que se evaluaran serán: Contenido de materia orgánica por el método de oxidación (MO)(Walkley & Black, 1934); pH se determinó por método potenciométrico, con relación 1:1 P / V (IGAC, 2006); Fosforo disponible (P) se determinó por medio del método de Bray II modificado y cuantificado por reducción de ácido ascórbico (Bray & Kurtz, 1945); las bases de intercambió catiónico calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg) y sodio (Na) se determinaron por medio del espectrofotometría de absorción y emisión atómica (Chapman, 1965); Hendershot W.H. & Lalande, 2006); los elementos menores (Cu, Fe, Zn, Mn) se determinaran a través de metodología de extracción por doble ácido diluido y determinados por absorción atómica (IGAC, 2006).

Los macroartrópodos del suelo se evaluarán siguiendo la metodología descrita por el Instituto de Biología y fertilización de Suelos Tropicales TSBF (Anderson & Ingram, 1993), solo los especímenes de macroartrópodos de más de 0,2 cm se conservarán en alcohol al 70%, posteriormente serán identificados en el laboratorio de entomología del Centro de Investigación Turipaná. Por su parte, los organismos de cuerpo blando como las lombrices (Haplotaxida) serán contabilizados in situ y liberados.

Monitoreo de Carbono orgánico acumulado en suelo (COS): Para el cálculo de COS se utilizará la formula plantea por FAO, (2022) donde COS= C x Da x Prof x CFpedr; donde COS es el Carbono orgánico acumulado en el suelo (kg/m2), C es el contenido total de carbono orgánico del suelo, determinado en laboratorio por el método de oxidación (Walkley & Black, 1934), Prof es la profundidad de muestreo o intervención y CFpedr es el coeficiente de corrección por pedregosidad ((1 - %pedregosidad) /100). Se tomarán muestras de suelo hasta los 100 cm de profundidad cada 10 cm (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40 -50 cm…….90 -100 cm). Antes de iniciar el ensayo de investigación se realizará el levantamiento de la línea base fisicoquímicos y biológicos de suelo, así mismo de manera anual se realizarán evaluaciones durante el término del proyecto (año 0= línea base; año 1= seguimiento 1; año 2= seguimiento 2 y año 3= seguimiento 3).

Evaluaciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): Para la evaluación de los gases de efecto invernadero se determinarán los flujos de Metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) del suelo dentro de los sistemas evaluados, con el uso de equipo espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier – FTIR TERRA 5000 (GASMET). Las evaluaciones se realizarán de manera mensual, durante el ciclo de ejecución del proyecto.

Monitoreo del cultivo por medio de imágenes satelitales y vehículos aéreos no tripulados (VANTS): Se aplicará un protocolo de colecta de imágenes a partir de sensores multiespectrales a bordo de plataformas satelitales y vehículos aéreos no tripulados (VANTS). Para los sensores satelitales se considerarán los tiempos de revisita y planes de adquisición sean fijos o variables según se tengan plataformas con información de acceso libre o por pago. Así mismo, se buscará contar para el análisis con productos georreferenciados con calibración radiométrica y geométrica para contar con valores de reflectividad bajo la atmósfera. Si se cuenta con imágenes sin este grado de procesamiento se realizarán las respectivas correcciones haciendo uso de herramientas de software para análisis de sensores remotos.

Para desarrollar los planes de vuelo, en cada potrero se establecerán puntos de control georreferenciados utilizando sistemas de posicionamiento preciso (RTK). Los puntos de control quedarán identificados por cuadrados de 40 cm x 40 cm diseñado con diagonales de cuadros blancos y negros. El sobrevuelo se programará a una altura de 50 a 80 metros, considerando una tasa de solapado en las imágenes tomadas por el dron a 75% longitudinal y lateral, para la posterior construcción del ortomosaico. Los vuelos se realizarán a la misma hora del día. Las imágenes se procesarán con el software Pix4D Mapper, donde se realizará la georreferenciación y la corrección geométrica necesarias para la obtención del ortomosaico.

Se monitoreará el contenido de nitrógeno foliar con el determinador de clorofila Minolta SPAD 502 siguiendo el protocolo calibrado por Rodríguez y otros (2017). Las lecturas se realizarán en los estados fenológicos V6, V10, V15 y floración del cultivo de maíz. En cada uno de estos estados fenológicos se tomará una ortofotografía con un dron con cámara multiespectral (MAVIC 3M) a una altura de 50 a 60 m. Para el diseño del plan de vuelo, toma de las imágenes georreferenciadas, generación del ortomosaico con corrección geométrica y radiométrica, generación de índices vegetales y análisis se seguirá el protocolo propuesto por Bernal y otros (2017).

Establecimiento de parcelas (ensayos) experimentales en los sitios priorizados y reporte de datos
CI NATAIMA (Tolima)
Diseño experimental para el análisis de las diferentes técnicas de riego

Se escogió el lote experimental 4-4 ubicado en el Centro de Investigación Nataima, se realizó la toma de muestras de suelos, de infiltración, retención de humedad y física del suelo. Se preparó el terreno con dos pases de rastra, dos pases de pulidor y se establecieron los caballones. Se realizó adecuación del canal de riego principal, aguas arriba del predio, estableciendo barreras en las derivaciones de los lotes aledaños con la finalidad de garantizar la llegada de agua al lote experimental.

Figura 18 Adecuación en el canal principal de riego

Se instaló el sistema de riego por múltiples entradas: MIRI, el cual está compuesto por canaletas aforadas para cada una de las parcelas, manguera flexible de 8 pulgadas y compuertas de salida (Figura 19 Instalación del sistema de riegoFigura 19).

Figura 19 Instalación del sistema de riego

Se realizó aplicación de lámina de riego con el objetivo de humedecer el suelo y prepararlo para la siembra.

Figura 20 Aplicación lámina de riego

El 30 de octubre de 2024, se realizó la siembra de acuerdo con el diseño experimental con arreglo en parcelas divididas donde se tienen las técnicas de riego y de fertilización. con sembradora de precisión mecanizada en el lote experimental, la semilla utilizada corresponde a la variedad 30F35VYHR Pioneer, maíz amarillo.

Figura 21 Siembra de precisión mecanizada

En promedio 7 a 8 plantas/metro lineal y separación de surco 0,8m. Se establecieron dos ensayos para dos técnicas de riego (Riego por múltiples entradas MIRI y riego convencional). Cada tratamiento de riego tiene 4 repeticiones, cada repetición tiene 25 surcos de 23,5 metros de largo. Para la técnica de riego MIRI, se realizó la instalación de 4 aforadores o canaletas para medir volumen de agua aplicado a cada ensayo, esto acompañado de manguera de riego Flexible o poli tubo para instalación del riego MIRI. Se realizo instalación de compuertas de riego para cada repetición. Para el riego convencional, solo se instalaron los aforadores a la entrada de cada repetición, sin instalación de manguera de riego MIRI. Se definieron puntos de muestreo (48) 3 por cada repetición.

Manejo agronómico e implementación de tratamientos de nutrición y manejo de plagas.

Las estrategias de manejo de la fertilización están enfocadas en la reducción del 50% de fertilización nitrogenada y fosfatada en complemento con el uso de los biofertilizantes Monibac® (Bacteria fijadora de nitrógeno *Azotobacter chroococcum* "AC1+ AC10" a $1x10^8$ UFC/mL) y Fosfotal® (Bacteria fijadora de fosfatos *Rhizobium pusense* (B02) a $1x10^8$ UFC/mL). Para ello, se realizan dos inoculaciones en los estados fenológicos V1-V2 y V5-V6, en cada aplicación se realiza una mezcla de 500 ml ha^{-1} de cada uno de los inoculantes en un volumen de agua de 150 lt ha^{-1} para sumar un litro por hectárea de cada inoculante. Esta evaluación se realiza frente al testigo comercial o tratamiento del productor en el que se emplea el 100% de N y P de forma edáfica con fertilizantes de síntesis química.

En lo relacionado con el manejo de plagas se implementó un plan enfocado en la evaluación de trampas y muestreos de la población de *Dalbulus maidis* para determinar umbrales de acción de acuerdo con la metodología que se describe en el apartado N°6. A partir de esta información, se tomó la decisión de realizar aplicaciones preventivas de productos a base silicio y controladores entomopatógenos. En el caso del primero se usa un litro por hectárea de un producto a base de óxido de silicio (SiO^2) con una concentración del 30% de Si, con el fin de reforzar el sistema de defensa de las plantas mediante la integración a las paredes celulares, lo cual genera una resistencia mecánica al ataque de los insectos chupadores. En cuanto al segundo se indica el uso de un producto biocontrolador de plagas que contiene las cepas de los hongos *Beauveria bassiana* a $4x10^8$ UFC/gr, *Metarhizium anisopliae* a $4x10^8$ UFC/gr, *Lecanicillium lecanii* a $1x10^8$ UFC/gr y la bacteria *Bacillus thuringiensis* a $4x10^8$ UFC/gr. Destacando que las aplicaciones se realizaron en conjunto con los inoculantes empleandos para la biofertilización, no obstante, se resalta que el producto controlador biológico se aplicó previo a la siembra en los bordes de los lotes. Mientras que en el testigo comercial o tratamiento del productor se realizaron dos aplicaciones químicas de las moléculas thiamethoxam cipermetrina, pyriproxifen de acuerdo con dosis establecida por hectárea.

Evaluación de variables de respuesta

El miércoles 20 de noviembre se realizó el primer muestreo, aproximadamente en V5, tomando las siguientes variables fisiológica y de suelo (Humedad de suelo con TDR-350, Índice de área foliar con Septometro, Clorofila con SPAD y contenido de agua del canopy recolectando todas las plantas que se encuentran en un metro lineal, para cada uno de los 48 puntos, cortando las plantas a Raz del suelo, empacándolas y llevándolas al laboratorio para su procesamiento. A cada muestra se registró estos datos: número de plantas/metro lineal, altura de 3 plantas, peso fresco de tallos y hojas, peso fresco de 12 discos de 1 cm2 para área foliar. Estas muestras se secarán en horno hasta peso constante y se registrara peso seco.

Monitoreo de la humedad en el suelo y evaluación de variables de respuesta por técnicas de riego

Una vez establecido el cultivo, se inicia con la toma de datos de humedad de suelo con sensor de humedad TDR-350, 3 veces por semana en cada uno de los 48 puntos definidos (3 lecturas/sitio). El día 20 de noviembre se realizó el primer muestreo en campo y vuelo con drone a todo el ensayo. Se realizo el sobrevuelo a una altura de 60 m con cámara RGB y Multiespectral para cálculo de índices de vegetación.

Seguimiento de plagas y enfermedades

En el área seleccionada para el establecimiento del experimento en el centro de investigación Nataima en el segundo semestre del año 2024 posterior a la preparación del terreno y antes de la siembra, fueron establecidas siete (7) trampas amarillas en los bordes de la unidad experimental con el objetivo de monitorear el ingreso de poblaciones migrantes de *Dalbulus maidis*, las cuales semanalmente se evalúan realizando el recuento de individuos adultos adheridos en la parte externa de las trampas y el inicio de la fluctuación de las poblaciones de *Dalbulus maidis* dentro del lote las cuales se determinan también semanalmente realizando el recuento en este caso de los adultos adheridos en la parte ubicada hacia el interior del lote de la trampa amarilla. Con los recuentos semanales, dentro del plan de manejo agronómico es posible establecer el umbral de acción para el control de *D. maidis*, el cual corresponde con un mínimo de siete (7) y un máximo de diez (10) individuos adultos promedio en las trampas. El establecimiento de las trampas se realizó el 4 de octubre del 2024 y una semana después se iniciaron los monitoreos, los cuales se presentan en la tabla 1 incluyendo los datos de precipitaciones, radiación solar, humedad relativa y temperatura para el día y la hora en que fue realizada la evaluación a partir de la estación reportada en el molino de Fedearroz, las cual se encuentra a una distancia aproximada de 6,5 Km del centro de investigación.

A partir del establecimiento del experimento, en las dos primeras semanas de noviembre se continuó con el monitoreo de trampas amarillas en los bordes de éste. Respecto a las evaluaciones y conteos obtenidos en las trampas, no se alcanzó el umbral de acción para controlar las poblaciones de *Dalbulus maidis*. No obstante, en coordinación con los responsables del manejo agronómico del experimento se evidenció migración de insectos vectores al lote del experimento a partir de otras unidades experimentales de maíz que se encuentran en una etapa de desarrollo más avanzada, por lo que se tomaron decisiones de manejo preventivo para fortalecer la pared de las plantas por una parte y por otra aplicando insecticidas de síntesis química para insectos chupadores, así como

hongos entomopatógenos. En este mes se inició el monitoreo visual de la presencia de *D. maidis* por planta en los 48 puntos establecidos para realizar la recolección de información de las diferentes variables del proyecto. A la fecha del reporte se han realizado dos evaluaciones en donde en cada punto se evalúan 8 plantas para un total de 384 plantas evaluadas. En promedio por punto en el primero monitoreo se obtuvo un valor de 0,27 y en la segunda semana de 0,625, evidenciando migración de las poblaciones que circundan el lote de maíz. Sin embargo, el promedio por planta a partir del cual se toma la decisión de manejo fue de en la primera semana de 0,00077 y en la segunda semana de 0,00179. Lo anterior indicó que en la totalidad de los puntos no se alcanzó el umbral de acción que corresponde a un rango de valor de 0,7 – 1 *D. maidis* por planta, el cual representa riesgo de trasmisión de este insecto a las plantas de maíz de los patógenos causantes de enfermedad. Es importante resaltar que es a partir de este valor cuando se consideran poblaciones altas de *D. maidis*. Se continuarán con los monitoreos respectivos los cuales culminarán cuando el cultivo llegue a floración en donde se evaluaría incidencia de la enfermedad.

Tabla 1. Datos recolectados en el mes de octubre

Número de trampa	Georeferenciación	11/10/2024		18/10/2024		25/102024	
1	4,185421	Interna	0	Interna	0	Interna	1
	-74,964353	Externa	0	Externa	1	Externa	0
2	4,185913	Interna	0	Interna	0	Interna	0
	-74,964026	Externa	1	Externa	1	Externa	0
3	4,185990	Interna	0	Interna	0	Interna	0
	-74,963582	Externa	2	Externa	0	Externa	0
4	4,185751	Interna	0	Interna	3	Interna	2
	-74,963266	Externa	0	Externa	0	Externa	0
5	4,185285	Interna	0	Interna	0	Interna	0
	-74,962676	Externa	0	Externa	0	Externa	0
6	4,184548	Interna	0	Interna	0	Interna	0
	-74,962498	Externa	0	Externa	0	Externa	2
7	4,184620	Interna	0	Interna	0	Interna	1
	-74,963735	Externa	0	Externa	0	Externa	0
NOTA: Umbral de acción 7	**Promedio**	**Interna**	**0**	**Interna**	**0,43**	**Interna**	**0,71**
		Externa	**0,43**	**Externa**	**0,29**	**Externa**	**0,29**
	Radiación solar	**Cal/cm2/día**	71	**Cal/cm2/día**	67	**Cal/cm2/día**	46
	Temperatura	**°C**	28,2	**°C**	31,4	**°C**	30,3
	Humedad Relativa	**%**	78	**%**	72	**%**	73
	Precipitación	**mm**	0	**mm**	0	**mm**	0

CI TURIPANÁ (Córdoba)

Línea base suelo

Los resultados obtenidos del muestreo de suelo de parámetros químicos de suelo, evidencia valores normales de un suelo de vocación agrícola (Tabla 1). Los resultados obtenidos muestran los grupos texturales predominantes son el franco arcilloso (F-Ar) y arcilloso (Ar). El pH del suelo vario de ligeramente acido (6.1 > pH < 6.5) a neutro (6.6 >pH<7.4), los valores de conductividad eléctrica (CE) evidenciados en el muestreo presentan valores bajos (< 1 dS/m), el contenido de materia orgánica (MO) fue inferior a 2%, característico de suelos agrícolas, así mismo, el contenido de fosforo disponible (P) mostro valores bajos. El contenido de azufre disponible (S) vario de bajo (<8

mg/kg) a medio (8 – 16 mg /kg). La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) presento valores medio (<20 cmol/kg) en todos los sitios muestreados. El contenido de bases de intercambio (calcio, magnesio, potasio y sodio), mostro valores elevados en el contenido de Calcio y Magnesio intercambiable (>6 cmol/kg y > 1.8 cmol/kg, respectivamente), para el caso del contenido de potasio y sodio los resultados obtenidos evidenciaron valores medios (K) a bajos (Na). El contenido de elementos menores el suelo de estudio mostro valores bajos en Boro, manganeso, zinc; valor medio en el contenido de hierro y alto en el contenido de cobre. Las relaciones catiónicas contribuyeron a la explicación de deficiencias de algunos nutrientes, como es el caso del potasio intercambiable (K), se observo que valores superiores a 10 en la relación Mg:K, evidencia deficiencia de K en área de estudio, resultados corroborados con la relación (Ca + Mg)/K, donde los valores obtenidos fueron superiores a 40 (ICA, 1992) (Tabla 1). Los resultados obtenidos en el área de estudio son característicos de suelos dedicados a la explotación agrícola, específicamente a suelos bajo producción de maíz en la zona del valle medio del rio Sinú, corres pendiente al municipio de Cereté (Cadena-Torres et al., 2021; Contreras-Santos et al., 2020).

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo

Propiedades químicas	Unidad	Labranza de Conservación	Interpretación	Labranza mínima	Interpretación	Labranza Convencional	Interpretación
pH		6.56	LA	6.49	LA	6.77	N
CE	dS/m	0.57	B	0.55	B	0.44	B
MO	g/100g	1.75	M	1.60	M	1.76	M
P	mg/kg	13.33	B	9.47	B	10.78	B
S	mg/kg	8.82	M	8.82	M	5.88	B
CICE	cmol(+)/kg	20.16	M	19.65	M	19.66	M
Ca	cmol(+)/kg	11.45	A	10.68	A	11.28	A
Mg	cmol(+)/kg	8.09	A	8.45	A	7.7	A
K	cmol(+)/kg	0.47	M	0.45	M	0.56	M
Na	cmol(+)/kg	0.16	B	0.16	B	0.19	B
B	mg/kg	0.38	M	0.40	M	0.48	M
Fe	mg/kg	71.45	M	68.39	M	59.51	M
Cu	mg/kg	5.34	A	4.94	A	5.16	A
Mn	mg/kg	2.30	B	2.00	B	1.69	B
Zn	mg/kg	1.56	B	1.29	B	1.10	B
Ca:Mg		1.41		1.26		1.46	
Mg:K		16.98		18.44		13.70	
K:Mg		0.33		0.35		0.33	
Ca:K		1.41		1.26		1.46	
Ca:Mg/K		41.01		41.75		33.79	
Textura		F-Ar		Ar		F-Ar	

Estos resultados construyeron a la planificación de estrategias o planes de fertilización implementados en el cultivo de maíz, con la finalidad de mejorar la disponibilidad de nitrógeno y elementos necesarios para la nutrición del cultivo en sus diferentes fases fenológicas.

Evaluación de niveles de fertilización en el cultivo de maíz

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), ubicado a 8°51' N, 75°49' W en el municipio de Cereté, Córdoba, Colombia (Figura 1). Su altitud es de 14 m, con precipitación acumulativa de 1200 mm año-1, temperatura media de 28°C y humedad relativa media de 82 %. Las precipitaciones en la región del valle medio del rio Sinú presentan comportamiento bimodal, con dos periodos definidos, uno lluvioso comprendido entre los meses de abril y noviembre, y otro seco entre los meses de diciembre y marzo. El área de estudio pertenece a la zona agroecológica Bosque Seco Tropical (Bs-T(Holdridge, 1982) (Figura 1).

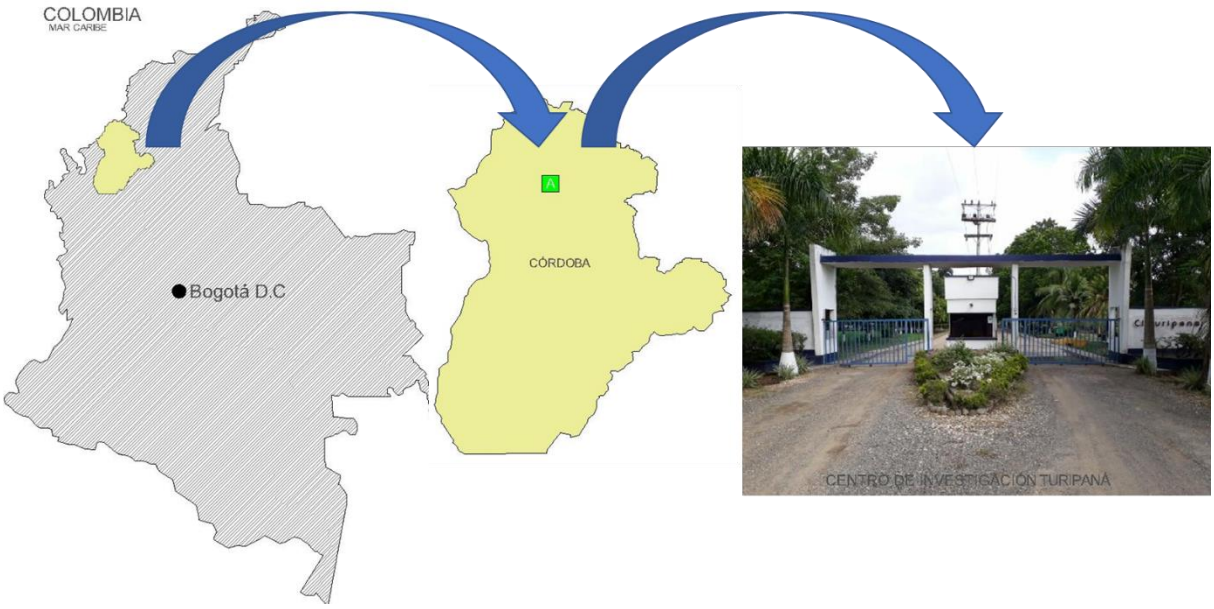


Figura 1. Ubicación del ensayo de investigación.

Descripción del sistema evaluado

En un área de 1.0 ha se estableció el ensayo de investigación, el cual consistía en evaluar tres estrategias de fertilización (tabla 1) y respuesta en términos de asimilación de nutrientes (nitrógeno), altura de planta y respuesta productiva de la variedad de maíz V117 AGROSAVIA, en sus diferentes estadios fenológicos (V6, V10, V14 y VT).

Tabla 1. Tratamientos implementados en ensayo

Tratamientos (TTO)	**Fertilización**	**Descripción**
TTO1	**100% Biológico**	Se aplico MONIBAC y FOSFOTAL, con la finalidad de sustituir en un 100% la fertilización NP, para el caso del potasio K se aplicó con base en los requerimientos nutricionales del cultivo
TTO2	**50 % Química + 100% Biológica**	Se redujo en un 50% la fertilización química de NP y se sustituyó el otro 50% con insumos biológicos MONIBAC, FOSFOTAL, en dosis de un litro por hectárea)
TTO3	**100% Química**	Con base en la información obtenida en el muestre de línea base de suelo

		y requerimientos nutricionales del cultivo de maíz se planifico la fertilización NPK y menores

Adecuación del terreno

La mecanización del terreno se realizó utilizando cincel rígido, con la finalidad descompactar el área de estudio. Para tal fin se implementaron dos pases de cincel rígido uno en el sentido del drenaje, lo que nos permite desaguar el lote en época de invierno garantizando que los primero 30 cm de profundidad este libres de humedad y otro pase de cincel en ángulo de 45° para fracturar mejor el suelo y favorecer el desarrollo radicular del cultivo de maíz (Figura 2).

Figura 2. Adecuación de terreno mediante el uso de cincel rígido.

Así mismo, se construyeron canales de drenaje principales cada 40 metros con profundidad superior a 60 cm y secundarios con profundidad de 30 cm, esto nos permitió garantizar que el área de estudio con grupo textural predominante franco arcilloso y arcilloso no presentara problemas de encharcamiento o exceso de agua en el lote.

Siembra de maíz

Para el establecimiento del ensayo de maíz se utilizo la variedad V117 AGROSAVIA con una densidad de siembra 62.500 plantas por hectárea, lo que equivale a 5 plantas por metro lineal, sembradas a 80 cm entre surco y 20 cm entre planta (Figura 3).

Figura x. Crecimiento y desarrollo de las parcelas de maíz. CI Turipaná (Córdoba). 2024.

Variables evaluadas

La evaluación de las variables fisiológicas descritas a continuación se evaluó en cuatro etapas fenológicas del cultivo de maíz (V6, V10, V14 y VT). La altura de planta expresada en cm, por medio de regla hasta altura de 1 metro, posterior a esta altura se implementó cinta métrica para su monitoreo, par atal fin se seleccionaron 10 plantas equivalente a 2 metros lineales repetido tres veces en cada tratamiento. Así mismo se evaluó el índice de área foliar por medio del Ceptómetro LP-80 (METER) y el contenido de clorofila mediante el SPAD 502 PLUS (Konica Minolta), igualmente se determinaron variables edáficas con es el contenido de humedad volumétrica (Wv) y la conductividad eléctrica (CEe) las cuales se terminaron por medio del equipo TDR350. Luego de obtener las variables fisiológicas del cultivo de maíz, se procedió a realizar corte aras de suelo con el fin de realizar fraccionamiento en hojas y tallos, de la cual se obtuvo una submuestra con peso superior a 400 gr de cada una de las estructuras y posterior envío a laboratorio para determinación de contenido de nitrógeno por medio de la metodología Kjeldahl implementada por el laboratorio de química analítica del C.I Turipaná (Figura 4).

Monitoreo de índice de vegetación (IV)

En cada campaña de evaluación (etapa fenológica) se realizó el monitoreo de imágenes multiespectrales por medio de un vehículo aéreo no tripulado (VAN) referencia MAVIC 3M (DJI), el cual siguió un plan de vuelo de 20 metros de altura y un solapamiento de 75%. Posterior a la captura de las imágenes multiespectrales se procedió a generar el índice de vegetación normalizado (NDVI) con la finalidad de realizar correlación con contenido de nitrógeno por etapa fenológica (figura 5).

Diseño estadístico

El diseño implementado correspondió a un diseño de bloques completo aleatorizado con arreglo de medias repetidas en el tiempo con tres tratamientos (estrategias de fertilización) y tres repeticiones. El bloqueo correspondió a niveles de compactación y contenido de humedad del suelo. Cada unidad experimental estuvo conformada por un área de 1000 m^2, para un total de 9 unidades experimentales correspondientes a un área de 9000 m^2 (Figura 6).

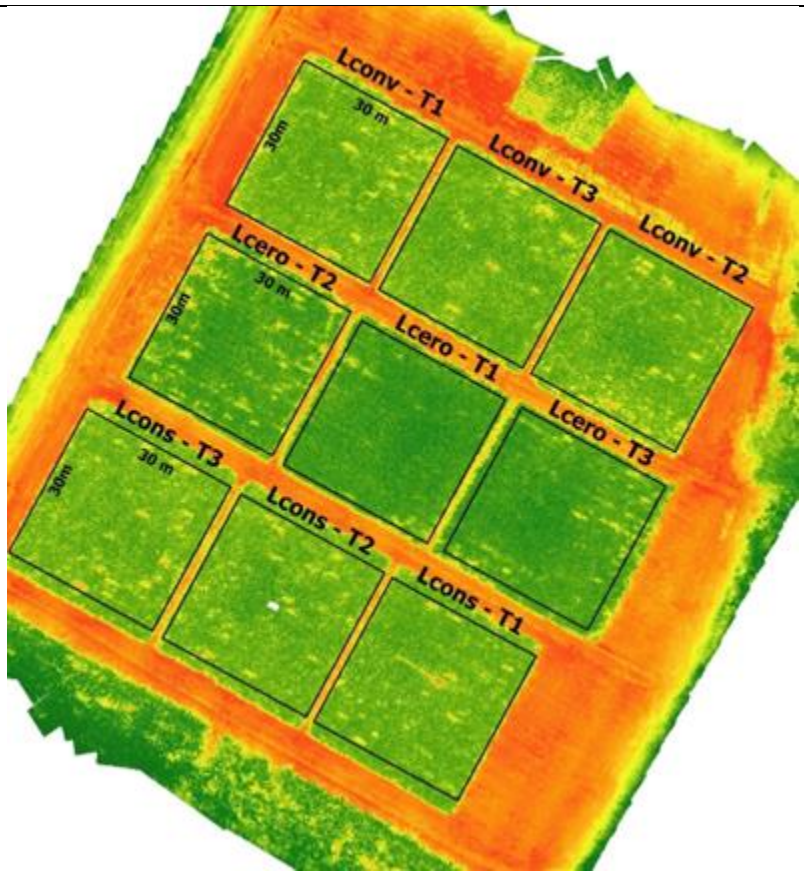


Figura 6. Distribución de parcelas en ensayo de investigación

Resultados preliminares CI TURIPANÁ

Altura de planta (cm)

Los resultados obtenidos de forma preliminar en el monitoreo de altura de planta de maíz en los diferentes estadios fenológicos (V6, V10, V14 y VT) frente a al estimulo de niveles de fertilización (figura 1), mostró comportamiento ascendente en todos los tratamientos, variando en V6 de 52.12 cm a 54.31 cm, en V10 de 134.66 a 141.80 cm, V14 de 199.91 a 211. 88 y VF de 215.05 a 227.33 cm; siendo el tratamiento con la aplicación de 100% fertilizantes de sintesis química (100%Q), donde se evidencian los mayores valores de altura a lo largo del ciclo fenológico del cultivo de maíz; seguido del tratamiento con aplicación de 50% fertilización de sintesis química y 50% con fertilización biológica (N- P), para el caso de los requerimiento de potasio del cultivo se suplieron los requerimientos de este, por medios de la aplicación de un fertilizante potásico (KCL) (Figura 7).

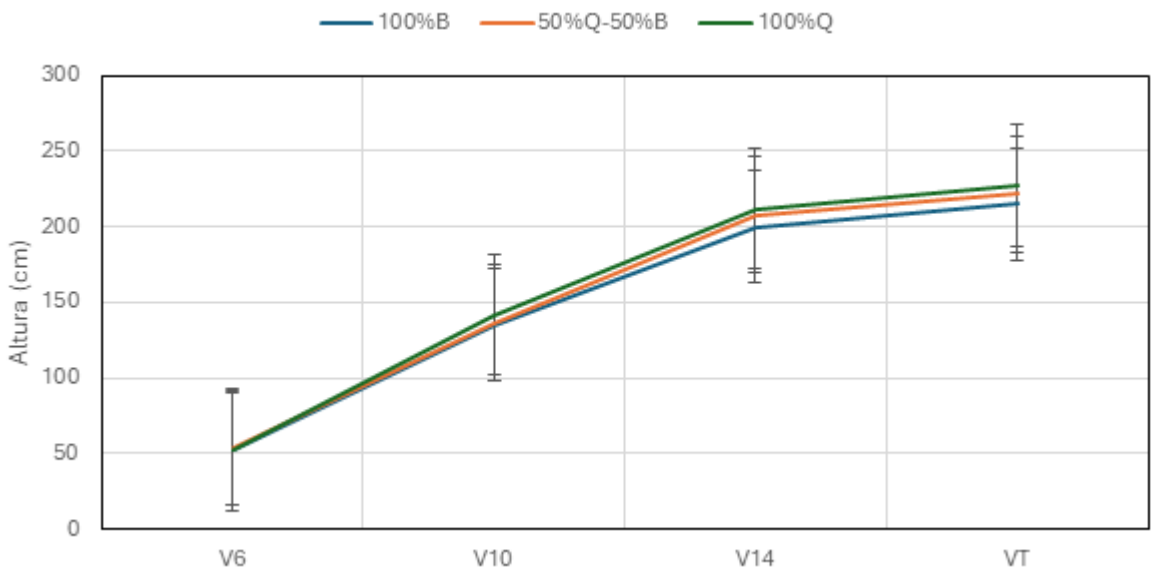


Figura 7. Comportamiento del crecimiento del cultivo de maíz (altura) en relación con los estímulos de fertilización

Contenido de clorofila de la hoja (LCC) en plantas de maíz

Los resultados obtenidos del contenido de clorofila en hojas (LCC), mostraron que en el primer estadio del cultivo (V6) el mayor contenido de clorofila en hoja se reportó en los tratamientos donde se realizó la ampliación de biológicos (100%B y 50%Q-50%B, respectivamente), en la siguiente etapa fenológica el valor más alto se evidencio en el tratamiento que presenta la combinación de fertilización química y fertilización biológica (50%Q-50%B) y al final del ciclo de evaluación (VT) el mayor valor de LCC se obtuvo en el tratamiento de 100% fertilización sintética o química (Figura 8).

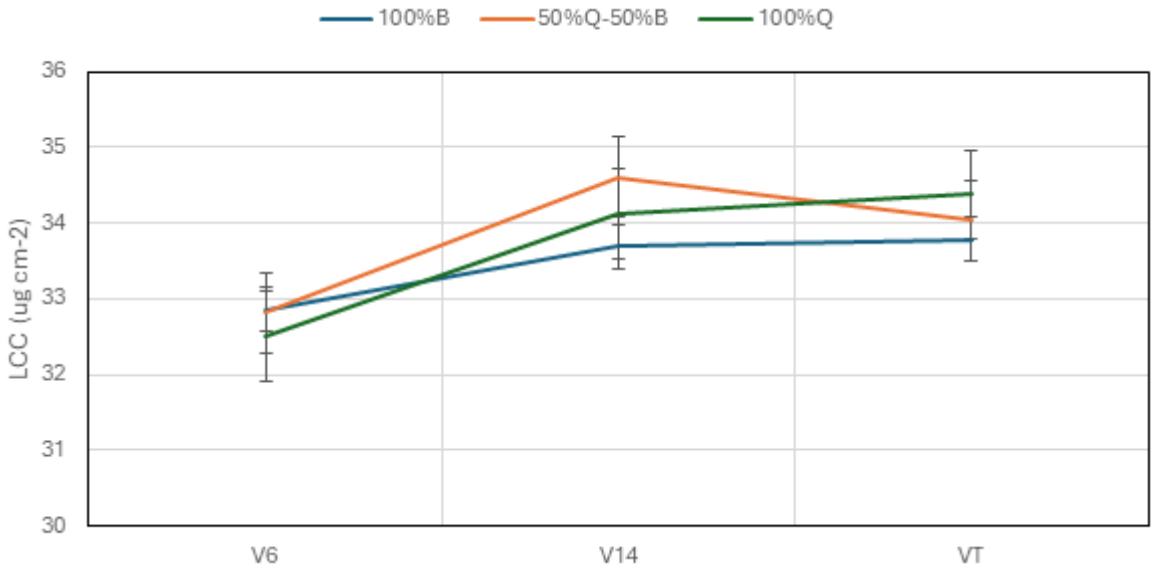


Figura 8. Comportamiento de contenido de clorofila de la hoja en diferentes estadios fenológicos del cultivo de maíz.

Índice de vegetación normalizado (NDVI)

Los resultados obtenidos evidencian mayores valores del NDVI en V6 en los tratamientos 50%Q-50%B y 100% B, con tendencia aumentar en V10 y V14, en el último estadio del cultivo (VT) se pudo observar un descenso entre el 6 al 10% de los valores de NDVI en todos los tratamientos, siendo este valor superior en el tratamiento 50%Q-50%B y en menor proporción en el tratamiento 100%B (Figura 10).

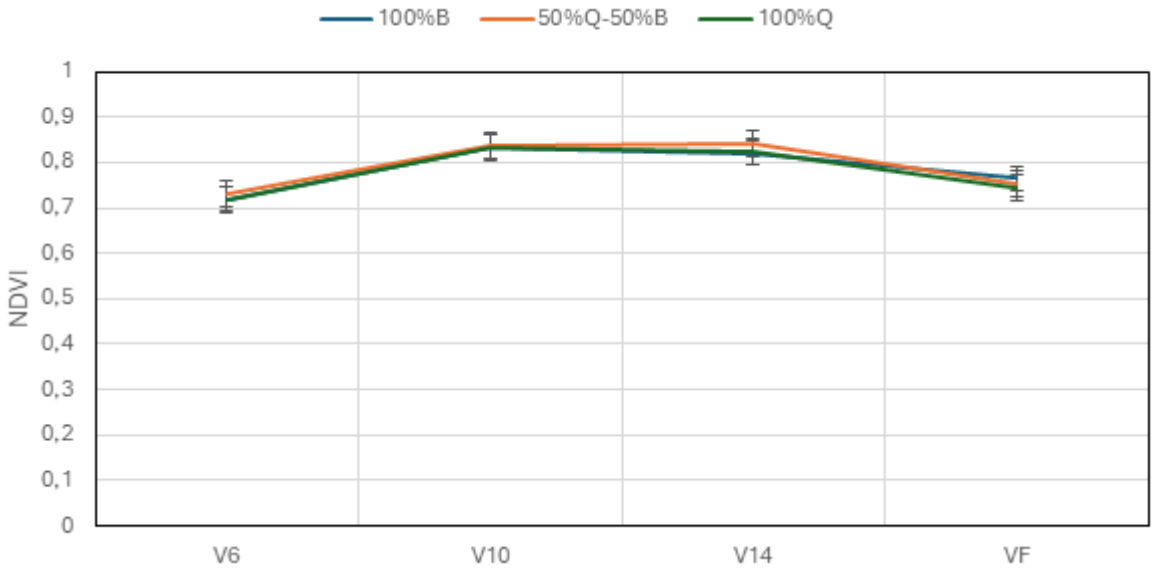


Figura 10. Monitoreo del índice de vegetación normalizado en el cultivo de maíz en diferentes estadios fenológicos.

Análisis de correlación Pearson

El análisis de correlación de Pearson mostro correlaciones significativas medias entre la variable altura de planta y el contenido de clorofila (r=0.38, p<.0001), así mismo el contenido de clorofila en hoja (LCC) mostro correlación inversa pero no significativa respecto al índice de vegetación normalizada (NDVI, r=-0.21, p= 0.0367) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de correlación de Pearson (n=108)

Parámetros	ALT (cm)	LCC (ugm^{-2})	NDVI
ALT (cm)	1	0.37971	0.12978
		<.0001	0.1913
LCC (ugm^{-2})	0.37971	1	-0.20611
	<.0001		0.0367
NDVI	0.12978	-0.20611	1
	0.1913	0.0367	

Conclusiones

Se continuará avanzando con las mediciones y muestreos propuestos en función de estado fenológicos de los genotipos establecidos en el experimento de campo.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Se continuará avanzando con las mediciones y muestreos propuestos en función de estado fenológicos de los genotipos establecidos en el experimento de campo.

Evidencias

- Reporte de investigación

Tabla 26. Implementaciones de parcelas experimentales en Maiz componente 2

Componente
2
Eje
3
Actividad GCF/ 2.1.3
Actividad 3.2. Nuevos materiales tolerantes a sequía en los cultivos de banano, forrajes, arroz y maíz disponibles al productor. Subactividad 3.2.2. Preparación, establecimiento de ensayos y evaluación de materiales variedades, híbridos o líneas de mejoramiento de maíz, banano, forrajes y caña de azúcar y caña panelera.
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros
Parcela demostrativa
Sistema Productivo
Maiz
Descripción
Para el mes de noviembre se reportan los principales avances de los experimentos en campo en Turipaná (Cereté, Carmen de Bolívar), Nataima (El Espinal), Motilonia (Codazzi), Tibaitatá (Cundinamarca), los cuales correspondieron a dos experimentos (ensayos preliminares de rendimiento o de adaptabilidad): un ensayo con 10 variedades de maíz amarillo y un ensayo con 10 variedades de maíz blanco. Los ensayos se sembraron a 0.8 m entre surcos y a 0.2 m entre plantas, depositando 1-2 semillas por sitio. Con este arreglo, se obtuvo una densidad poblacional de 62.500 plantas ha^{-1}.
Justificación
La siembra de los experimentos inició en la región Caribe (Cereté y Carmen de Bolívar) y en los Valles Interandinos (Tolima), en los cuales se establecieron experimentos de maíz (Figura 4). Se establecieron dos experimentos (ensayos preliminares de rendimiento o de adaptabilidad): un ensayo con 10 variedades de maiz amarillo y un ensayo con 10 variedades de maíz blanco. Los ensayos se sembraron a 0.8 m entre surcos y a 0.2 m entre plantas, depositando 1-2 semillas por sitio. Con este arreglo, se obtuvo una densidad poblacional de 62.500 plantas ha-1. Para el caso de los demás centros de investigación (CI Motilonia, La Selva y Tibaitatá), se inició la preparación del terreno y logística necesaria para iniciar la siembra de genotipos de maíz. Se espera sembrar en el mes de octubre.
Materiales y equipos comprados para la implementación
Adquiridos previamente por Agrosavia
Registro fotográfico

Figura 4. Estado general de experimentos de maiz en las regiones priorizadas (Cereté, Carmen de Bolívar, Motilonia y El Espinal).

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Centro de Investigación Turipaná, Km. 13, vía Montería - Cereté, Córdoba; Centro de Investigación Nataima, Kilómetro 9 vía Espinal, Ibagué Tolima

Resultados

En la tabla 1, se consignan los resultados preliminares de los maíces amarillos establecidos en la localidad del Carmen de Bolívar durante el ciclo (junio2024-octubre 2024). En general se observaron bajos rendimientos de grano; los cuales estuvieron por debajo de los rendimientos promedios reportados para los departamentos de Córdoba (5 t.ha), Sucre (3 t.ha) y Bolívar (5,5 ha), en los cuales se establece maíz con manejo tecnificado (FENALCE, 2023). Dichos resultados pueden asociarse a la irregularidad de las lluvias durante la fase de floración (53 días) y llenado del grano. Al respecto, Zarazua et al. (2011), señalaron que el requerimiento hídrico del maíz oscila entre 500 a 800 mm de agua, dependiendo de la variedad y del clima. Asimismo, estos mismos autores, indicaron que los periodos críticos por necesidad de agua en el cultivo del maíz son durante la germinación, primeras tres semanas de desarrollo y el período comprendido entre 15 días antes hasta 30 días después de la floración. Por otra parte, se observó un crecimiento reducido de las plantas, hojas de color lapeado o rojizo, rayas amarillas en las hojas y entrenudos cortos, signos que pueden asociarse posiblemente a incidencia de fitoplasma. Sin embargo, dentro de los materiales evaluados, el genotipo S11TLYNHGAB01 se caracterizó por presentar el mayor rendimiento de grano (2,5 t.ha), a su vez presentó una baja pudrición de mazorcas (4,5%), textura del grano dentado (3,3) y un acame de raíz y tallo del 12 y 14%, respectivamente.

Tabla xx. Evaluación agronómica maíces amarillos en la localidad de El Carmen de Bolívar.

Genealogía	Ren (t.ha)	Alt Planta (cm)	Alt Mazorca (cm)	Acame Raiz (%)	Acame Tallo (%)	Pud Mazorca (%)	Textura (1-5)
LOCAL CHECK1	2,03±1,8	161,33±29,72	81,33±20,01	10,67±6,43	18,67±8,14	5,53±5,28	2,67±0,58
LOCAL CHECK2	0,9±0,62	173,67±26,62	86,33±31,07	19,67±1,53	25,33±5,86	17,56±19,48	2,67±0,58
S03TLYQAB05	1,67±0,55	177,0 ±20,56	95,33±16,77	9,33±3,79	12,67±4,73	6,4±2,28	2,33±0,58
S10TLYNGSHGA01	1,77±0,6	201,0 ±14,24	105,33±13,43	9,0±3,46	10,33±3,51	22,74±23,65	2,67±1,15

S10TLYNGSHGA02	1,43±10,12	174,33±15,88	93,67±18,72	14,33±7,77	16,0±6,0	9,0±4,65	2,67±0,58
S10TLYNGSHGB01	1,9±0,1	184,0 ± 8,54	93,33±14,57	11,67±2,52	10,0±2,65	8,1±3,61	2,33±0,58
S10TLYNGSHGB02	1,87±1,25	185,67±17,78	92,0±15,72	14,0±5,0	13,03±2,65	7,51±7,7	2,67±0,58
S11TLYNHGAB01	**2,5±1,25**	**192,67±19,29**	**97,0±23,3**	**12,0±2,0**	**14,67±0,58**	**4,81±0,97**	**3,33±0,58**
S11TLYNHGAB02	1,3±0,95	179,67±28,55	89,33±25,32	12,67±8,14	13,33±3,79	15,01±15,92	2,67±0,58
S11TLYNHGAB03	1,77±0,45	185,0 ±4,32	94,33±2,31	14,0±1,73	14,33±2,52	9,67±4,27	2,67±0,58
S11TLYNHGAB05	0,87±01,5	174,67±10,56	83,67±7,02	17,33±2,52	16,67±6,66	15,35±4,22	2,33±0,58
SINTETHIC12PDG	1,4±0,79	177,33±6,49	90,33±9,07	12,67±0,58	9,67±4,16	11,21±6,92	3,33±0,58

En la tabla xx, se consignan los resultados preliminares de los maíces blancos establecidos en la localidad del Carmen de Bolívar durante el ciclo (junio2024-octubre 2024). En general se observaron bajos rendimientos de grano; los cuales estuvieron por debajo de los rendimientos promedios reportados para los departamentos de Sucre (3,25 t.ha) y Bolívar (4,80 ha), en los cuales se establece maíz blanco con manejo tecnificado (FENALCE, 2023). Dichos resultados pueden asociarse a la irregularidad de las lluvias durante la fase de floración (53 días) y llenado del grano. Por otra parte, se observó un crecimiento reducido de las plantas, hojas de color lapeado o rojizo, rayas amarillas en las hojas y entrenudos cortos, signos que pueden asociarse posiblemente a incidencia de fitoplasma. Sin embargo, dentro de los materiales evaluados, el genotipo S10TLWQGSHGAB se caracterizó por presentar la mayor altura (218 cm), y el mayor rendimiento de grano (2,1 t.ha), a su vez presentó una baja pudrición de mazorcas (6,47%), textura del grano dentado (3) y un acame de raíz y tallo del 8 y 12%, respectivamente.

Tabla xx. Evaluación agronómica de maíces blancos en la localidad de El Carmen de Bolívar.

Genealogía maices	Ren t.ha	Alt Planta (cm)	Alt Mazorca (cm)	Acame Raíz (%)	Acame Tallo (%)	Pud Mazorca (%)	Textura (1-5)
LOCAL CHECK1	1,1±0,10	185,33±24,01	92,33±14,01	7,73±2,2	8,37±3,44	7,96±3,29	2,33±0,58
LOCAL CHECK2	1,33±0,21	166,0±2,0	79,33±6,66	10,9±1,18	11,27±7,2	10,74±3,22	3,0±0
S10TLWNGS HG A	1,23±0,57	166,0±22,11	78,33±11,59	7,16±1,82	13,1±3,69	11,95±5,02	3,0±0
S10TLWNGS HG B	1,07±0,40	169,33±18,58	84,0±12,12	7,99±4,66	10,17±5,15	17,02±7,03	2,67±0,58
S10TLWNGSHGAB	1,83±1,12	205,33±34,36	102,33±17,39	4,51±0,46	6,83±2,65	11,06±6,65	3±0
S10TLWQGSHGAB	**2,17±0,90**	**218,67±18,56**	**100,67±0,58**	**8,1±4,22**	**12,67±3,12**	**6,47±3,17**	**3±0**
S11TLWNHGAB01	1,5±1,01	180,33±30,24	88,33±13,22	9,25±5,85	9,73±4,89	11,78±7,26	2,67±0,58
S11TLWNHGAB03	0,93±0,31	172,33±23,67	78,67±8,39	6,97±4,8	14,07±3,14	11,4±7,55	2,67±0,58
S11TLWNHGAB05	1,33±0,80	191,33±8,74	92,33±2,31	6,65±3,78	8,97±2,37	7,93±3,06	2,67±0,58
S11TLWNHGAB06	1,57±0,21	168,67±47,65	77,33±21,46	9,87±2,31	14,23±9,22	10,37±1,86	2,33±0,58
S11TLWNHGAB07	0,83±0,38	165±34,04	76,0±17,37	9,4±1,48	8,43±2,7	12,22±6,94	2,67±0,58
S11TLWNHGAB08	1,9±1,65	195,67±12,22	99,67±4,04	7,38±4,54	7,53±4,71	12,51±11,58	2,33±0,58

En el CI Nataima, los resultados de la evaluación de los genotipos en el semestre A-2024 son muy preliminares, hacen parte de la evaluación conjunta con otros semestres productivos y otros ambientes (zonas). Una vez resaltado este aspecto, se puede indicar que los genotipos presentan una alta adaptabilidad a la región del Valle Cálido del Alto Magdalena. Incluso, se pudo establecer que para los genotipos de endospermo blanco los resultados fueron muy superiores a los testigos evaluados. Donde, los genotipos S10TLWNGSHGB y S11TLWNHGAB07 superan la variedad testigo y alcanzan rendimientos muy cercanos al hibrido comercial. Aún más interesante son los resultados para la prueba de endospermo amarillo, donde el genotipo Sintethic12PDG registro valores muy superiores en peso de grano y numero de mazorcas cosechadas, que incluso superan al testigo híbrido comercial.

Tabla. Evaluación de las variables relacionadas con el componente de rendimiento para el TN24A4273 24AEARSWCAS1.

Entrada	Genealogía	No. Plts csch	Peso Campo (g)	Humedad (%)	Peso grano (g)	No. Maz csch
1	S10TLYNGSHGA01	80,3	3926,7	12,5	3133,3	59,0
2	S10TLYNGSHGA02	87,0	3900,0	12,4	3080,0	61,0
3	S10TLYNGSHGB01	87,7	4193,3	12,6	3200,0	70,0
4	S10TLYNGSHGB02	84,0	3646,7	12,4	2860,0	53,3
5	S11TLYNHGAB01	87,3	3793,3	12,5	3040,0	50,0
6	S11TLYNHGAB02	**92,7**	4506,7	12,7	3580,0	69,7
7	S11TLYNHGAB03	84,0	3026,7	12,5	2300,0	49,3
8	S11TLYNHGAB05	84,3	3793,3	**24,2**	3013,3	65,3
9	Sintethic12PDG	89,7	**4653,3**	12,2	**3653,3**	**72,0**
10	S03TLYQAB05	67,7	3466,7	12,5	2653,3	47,3
11	CORPOICA V-114	84,0	4500,0	11,9	3633,3	63,3
12	DK7088 RR	83,0	3873,3	12,7	3233,3	56,7
Media		84,3	3940,0	13,4	3115,0	59,8
Min		67,7	3026,7	11,9	2300,0	47,3
Max		92,7	4653,3	24,2	3653,3	72,0
DS		7,51	910,76	2,00	764,81	11,78

En el CI Turipaná, se identificaron genotipos promisorios por su alto potencial de rendimiento y comportamiento agronómico favorable. El genotipo S10TLYNGSHGA02 obtuvo el mayor rendimiento y menor pudrición de mazorcas en comparación con todos los testigos utilizados.

Tabla. Valores promedios de producción y aspectos agronómicos de 12 variedades de maíz evaluados en Córdoba. 2024.

Genotipos	Dias Flor. Masc	Dias Flor. Fem.	Altur Plt. (cm)	Altur Maz. (cm)	Plts csch	Peso Camp g	Maz csch	Mz Pud	Peso grano g
LOCAL CHECK1 (V-114)	43.0	45.0	240.0	129.0	37.0	4640.0	41.0	8.3	3775.0
LOCAL CHECK1(V-114)	43.0	46.0	251.0	121.5	30.0	3280.0	39.0	8.1	2732.5
LOCAL CHECK2 (V-117)	43.0	45.0	237.0	123.0	41.0	4380.0	43.0	3.8	3625.0
LOCAL CHECK2(V-117)	43.0	45.5	244.5	136.0	39.5	4280.0	45.5	6.5	3562.5
S03TLYQAB05	42.7	44.3	233.3	119.7	39.7	4800.0	48.3	5.6	3796.7

S10TLYNGSHGA01	42.3	43.3	232.7	122.3	44.7	5013.3	51.0	4.4	4121.7
S10TLYNGSHGA02	42.7	44.0	238.0	132.3	48.0	6166.7	56.7	3.9	5103.3
S10TLYNGSHGB01	43.0	44.7	241.0	127.0	42.7	4760.0	49.7	3.6	3816.7
S10TLYNGSHGB02	43.0	45.0	243.7	125.7	44.0	4573.3	47.0	9.3	3625.0
S11TLYNHGAB01	43.0	45.0	219.3	126.0	39.7	5066.7	47.0	8.5	4161.7
S11TLYNHGAB02	43.0	45.0	223.3	120.0	48.0	4766.7	48.7	6.9	3891.7
S11TLYNHGAB03	42.7	43.7	232.7	129.0	46.7	4733.3	47.0	4.7	3823.3
S11TLYNHGAB05	43.0	44.7	243.7	123.0	44.3	4746.7	46.7	4.3	3813.3
Sintethic12PDG	42.0	43.7	253.3	128.0	43.7	4893.3	48.3	6.5	4020.0
Promedio	**42.8**	**44.6**	**238.1**	**125.9**	**42.1**	**4721.4**	**47.1**	**6.0**	**3847.7**

Conclusiones

Para el caso de los centros de investigación (CI Motilonia y Tibaitatá), se inició la siembra de genotipos de maíz y su manejo agronómico. En el CI Tibaitatá, las actividades de evaluación realizadas hasta la fecha destacan los avances significativos en la evaluación de materiales de maíz amarillo adaptados al trópico alto. En el CI Motilonia, se completaron las actividades necesarias para el acondicionamiento del lote, incluyendo trazado, planificación de siembra y mapa de campo. El sistema de riego fue diseñado para simular tres niveles de estrés por sequía y optimo desarrollo de los maíces amarillos y blancos. La participación del funcionario del CIMMYT contribuyó a perfeccionar detalles técnicos, reforzando la planificación y asegurando un desarrollo óptimo de los ensayos.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Se continuará avanzando con las mediciones y muestreos propuestos en función de estado fenológicos de los genotipos establecidos en el experimento de campo.

Evidencias

- Reporte de investigación adjunto

Tabla 27. Diseño de parcelas experimentales en caña para componente 1

Componente

1

Eje

1

Actividad GCF/ 1.1.2

Subactividad 1.5.1. Producto: Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en el año 2 y Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en 2025. Análisis de información primaria y secundaria para la definición de los mejores sitios contrastantes donde se deben implementar las parcelas de validación y vinculación. Instalación de las estaciones climáticas.

Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros

Diseño de parcela demostrativa/. Producto: Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en el año 2 y Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en 2025. En la etapa de consolidación de la línea base se realizó una revisión de la información cartográfica disponible para los 14 municipios de caña de azúcar para panela (*Saccharum officinarum* L.) priorizados por la alianza (figura 7). Se revisaron diferentes Geovisores Institucionales (IDEAM, IGAC, UPRA,

DANE) con el objetivo de identificar la información relevante relacionada con la ubicación espacial de estaciones meteorológicas, estudios de suelos, Modelo Digital de Elevación (DEM), mapas de aptitud de uso para el cultivo de caña para panela (*S. officinarum* L.), Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de los municipios seleccionados y limites municipales y veredales en el Marco Geoestadístico Nacional-DANE.

Sistema Productivo

Caña

Descripción

Con el responsable de la actividad 1, dr. Jaime Bernal del Centro de Investigación La Libertad de Agrosavia, se acordaron y adelantaron espacios de discusión con Fedepanela, para que, a partir de la información que se tiene en sus bases de datos, cruzada con la propia de los municipios definidos en el proyecto CAS para este sistema productivo, avanzar en la caracterización de los sitios ideales y contrastantes, que permitan su identificación para la implementación de las parcelas de Validación y Vinculación en el año 2025; también, utilizar como herramienta imágenes satelitales. Además, avanzar en la definición de los Índices de Vegetación que mejor se puedan asociar al cálculo de las Toneladas de Caña por Hectárea (TCH). Adicionalmente, se adelantaron las gestiones administrativas para contratar, hasta diciembre de 2024, un(a) profesional con formación en SIG que contribuya a la elaboración de la línea base para identificar las mejores zonas contrastantes para la implementación de las parcelas de Validación y Vinculación en el año 2025.

Con los resesponsables de la actividad 2: Andrés J. Peña y Luis Fernando Gómez G. En conjunto con la información que se planeó obtener de la anterior actividad, se hizo discusión metodológica para la definición de los 3 sitios contrastantes donde se implementarán las parcelas mencionadas, y donde, además de validar y vincular tecnologías desarrolladas por Agrosavia, se adelantarán trabajos de investigación direccionados a comprender la Fisiología, Ecofisiología y Agroclimatología del material en evaluación, con el fin de generar modelos descriptivos de acumulación de biomasa que se relacionen con la oferta edafoclimática, así como el comportamiento del intercambio gaseoso (Fotosíntesis, Respiración, Transpiración). Se hizo discusión, también, sobre la importancia de las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTAs) como vehículo, a lo largo de los 5 años del proyecto, para vincular a gremios, asociaciones, técnicos, asistentes, investigadores y productores, los resultados que se obtengan y la apropiación por su parte de sistemas de información, avances y aplicativos con que cuenta la corporación y los gremios, en particular las Fichas Técnicas Agroclimáticas (hoy AGRORAC) (aplicativo que pronto será Oferta Tecnológica por parte de Agrosavia) para una mejor Gestión del Riesgo Agroclimático (GRA). Se inició el proceso de compra de 3 estaciones climáticas (con sensores de temperatura y humedad del aire, radiación solar, pluviómetro, anemómetro, sensores humedad suelo y hoja) y que incluyen consola, trípode y software para descarga de información, los cuales serán instalados en cada una de las 3 parcelas de validación y vinculación mencionadas. Se adquirirán los materiales necesarios para su cerramiento con el fin de protegerlas contra robos y animales.

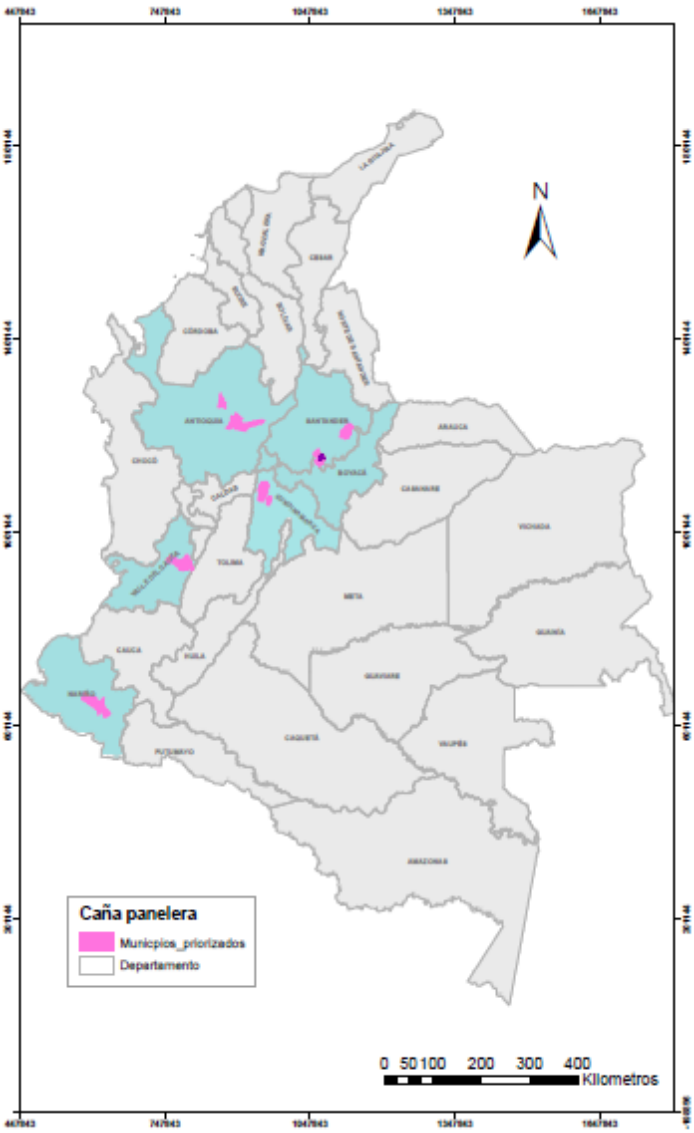


Figura 7. Departamentos y municipios priorizados con caña de azúcar para panela (*S. officinarum* L.).

Justificación
Planeación de las parcelas de evaluación y variables a medir
Materiales y equipos comprados para la implementación
Adquiridos previamente por Agrosavia
Registro fotográfico
No se han establecido las parcelas
Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas
Sede Cimpa, Km. 2, vía antigua a Cite Barbosa, Santander
Resultados

El análisis espacial de la información secundaria realizada para el municipio de Chitaraque, en el departamento de Boyacá, indicó que el municipio se localiza en un paisaje geomorfológico de montaña altamente quebrado sobre la Cordillera Oriental con alturas que van sobre los 1355 m s.n.m., hasta los 2930 m (figura 8) y una extensión total del municipio de 154.42 km².

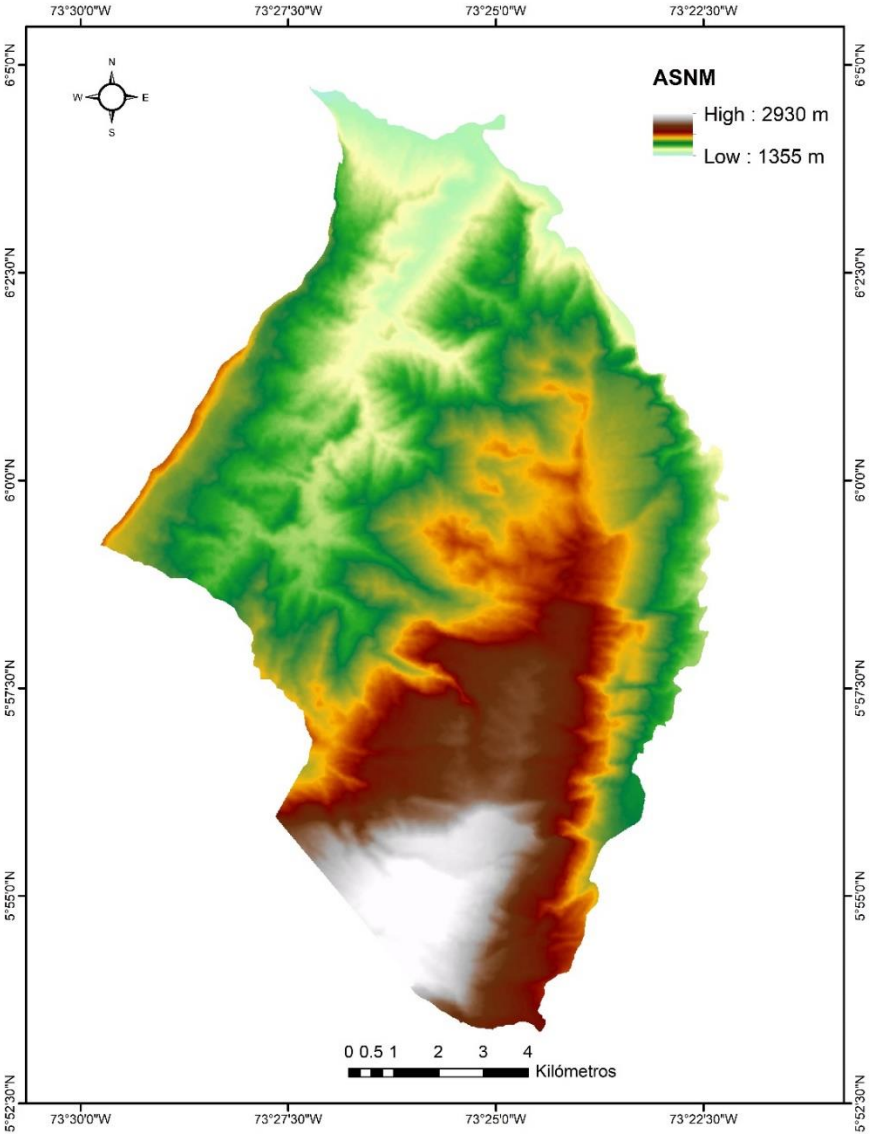


Figura 8. Relieve relativo del municipio de Chitaraque, Boyacá, escala 1:25000.

Con la información cartográfica disponible en el estudio de suelos y la zonificación de tierras del departamento de Boyacá (IGAC 2005) se realizó el reconocimiento de las unidades cartográficas de los suelos predominantes en el municipio de Chitaraque (figura 9). En el mapa de suelos los símbolos de las unidades de suelo están representados por tres letras mayúsculas que indican: la primera de ellas el paisaje, la segunda el clima y la tercera el contenido pedológico. Estas letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican rango de pendiente, grado de erosión y pedregosidad. De acuerdo con el estudio en el municipio se encuentran las siguientes unidades cartográficas:

Asociación Humic Dystrudepts, Typic Udorthents, Lithic Udorthents (MKC). Suelos del orden Inceptisol y Entisol localizados en un clima frio muy húmedo, presentan un relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75%, afectados por erosión hídrica y escurrimiento difuso, en grado ligero, localmente presentan pedregosidad superficial; los suelos son profundos a moderadamente profundos, limitados por contenidos tóxicos de aluminio (SAI>70%), bien drenados, de texturas franco fina, reacción fuertemente ácida y fertilidad moderada a baja (IGAC, 2005).

Complejo Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Afloramientos Rocosos (MKE). Suelos del orden Entisol e Inceptisol localizados en un clima frio muy húmedo, presentan un relieve fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 75%; afectados por pedregosidad superficial, suelos muy superficiales, limitados por saturación de aluminio mayor del 80%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja.

Asociación Andic Humudepts, Humic Dystrudepts, Typic Hapludands, Typic Argiudolls (MLD). Suelos del orden Inceptisol y Andisol localizados en un clima frio húmedo, presentan un relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, y 25-50%, los suelos son profundos a superficial, limitados por saturación de aluminio mayor del 80%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja.

Asociación Chromic Hapluderts y Typic Dystrudepts (MPC). Suelos del orden Vertisol e Inceptisol localizados en un clima templado húmedo, presentan un relieve moderado a fuertemente quebrado, con pendientes entre 12 y 50%, afectados por movimientos en masa, escurrimiento difuso, erosión hídrica, en grado ligero y pedregosidad; suelos profundos a muy superficiales, limitados por saturaciones de aluminio mayores del 60%, bien drenados, de texturas arcillosas, reacción ligera y extremadamente ácida, saturación de bases muy alta y fertilidad alta y baja.

Asociación Oxic Dystrudepts, Lithic Udorthents y Lithic Dystrudepts (MPE). Suelos del orden Inceptisol y Entisol localizados en un clima templado muy húmedo, presentan un relieve moderado a fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 50%, afectados por movimientos en masa, erosión hídrica, laminar, en grado ligero. Los suelos son moderadamente profundos a superficiales, limitados por saturaciones de aluminio mayores del 60%, bien y excesivamente drenados, de texturas franco-finas con gravilla, reacción fuertemente ácida y fertilidad media a baja.

Complejo Typic Ustifluvents, Fluventic Haplustepts y Aquic Haplustepts (MPH). Suelos del orden Entisol e Inceptisol localizados en un clima templado muy húmedo, presentan un relieve plano con pendientes 1-3%; predominan alternancia de procesos de acumulación y erosión, con drenaje imperfecto. Los suelos son moderadamente profundos, limitados por cantos redondeados, texturas francas, reacción ligera a fuertemente ácida y fertilidad moderada a alta.

Complejo Typic Udifluvents, Fluventic Hapludolls y Aeric Fluvaquents (MQF). Suelos del orden Entisol e Inceptisol localizados en un clima templado húmedo, presentan un relieve plano con pendientes 1-3%; con drenaje bueno. Los suelos son profundos, texturas francas, reacción fuertemente ácida y fertilidad baja.

Asociación Typic Dystrudepts, Humic Dystrudepts y Oxic Dystrudepts (MQH). Suelos del orden Inceptisol localizados en un clima templado húmedo, presentan un relieve moderado a fuertemente quebrado, con pendientes entre 12 y 50%, con drenaje bueno. Los suelos son profundos, texturas francas, reacción fuertemente ácida y fertilidad baja.

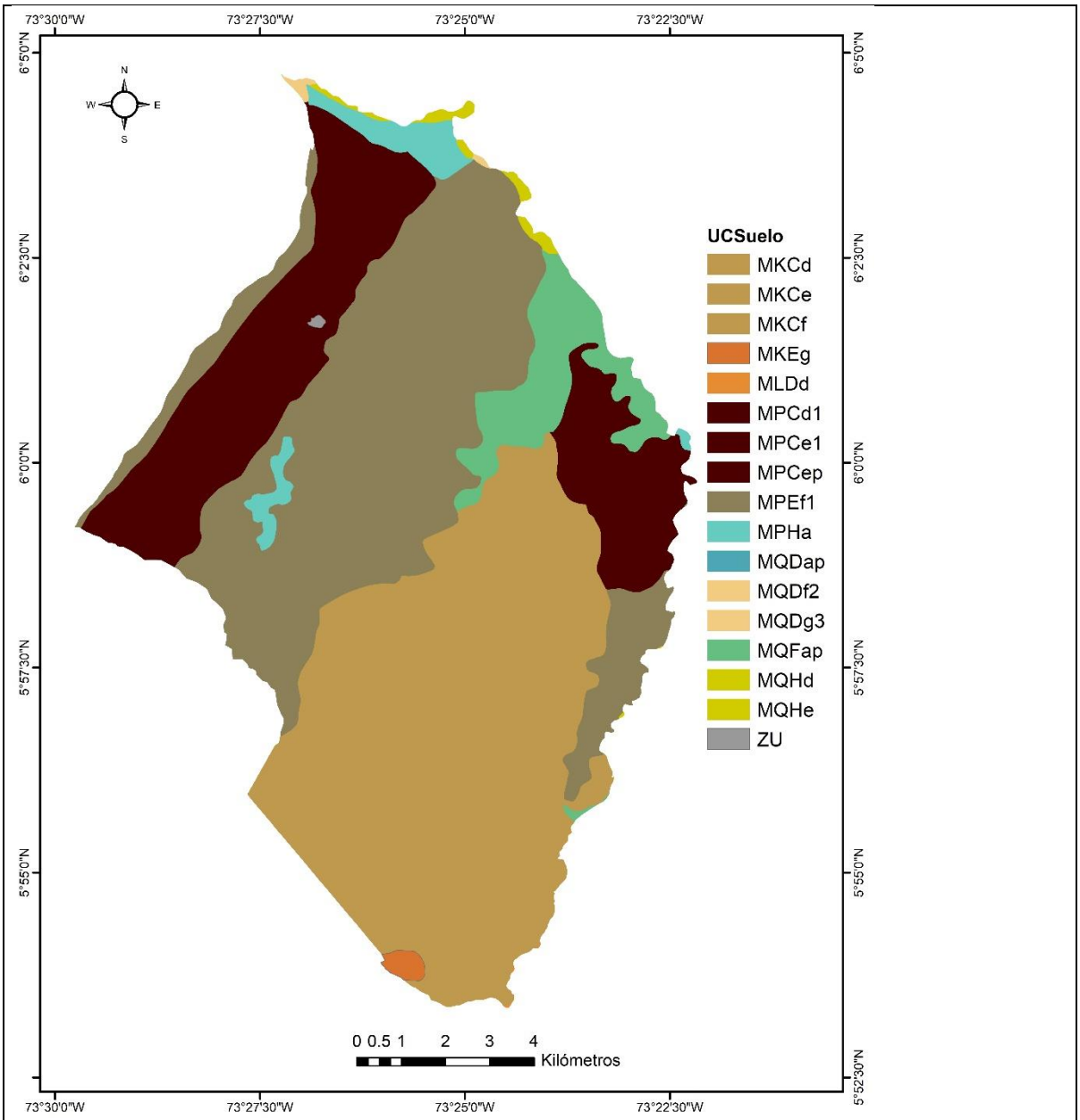


Figura 9. Mapa de suelos del municipio de Chitaraque, Boyacá. Estudio suelos 1:100.000, IGAC-2005.

De acuerdo con el estudio de aptitud para la producción de caña para panela (*S. officinarum* L.) con fines comerciales en Colombia, a escala 1:100.000, realizado por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-UPRA en el año 2020, en el municipio de Chitaraque se identificaron 3.024 hectáreas con aptitud alta para el cultivo de caña para panela, 297 hectáreas con aptitud media, y 12.098 hectáreas no aptas (figura 10).

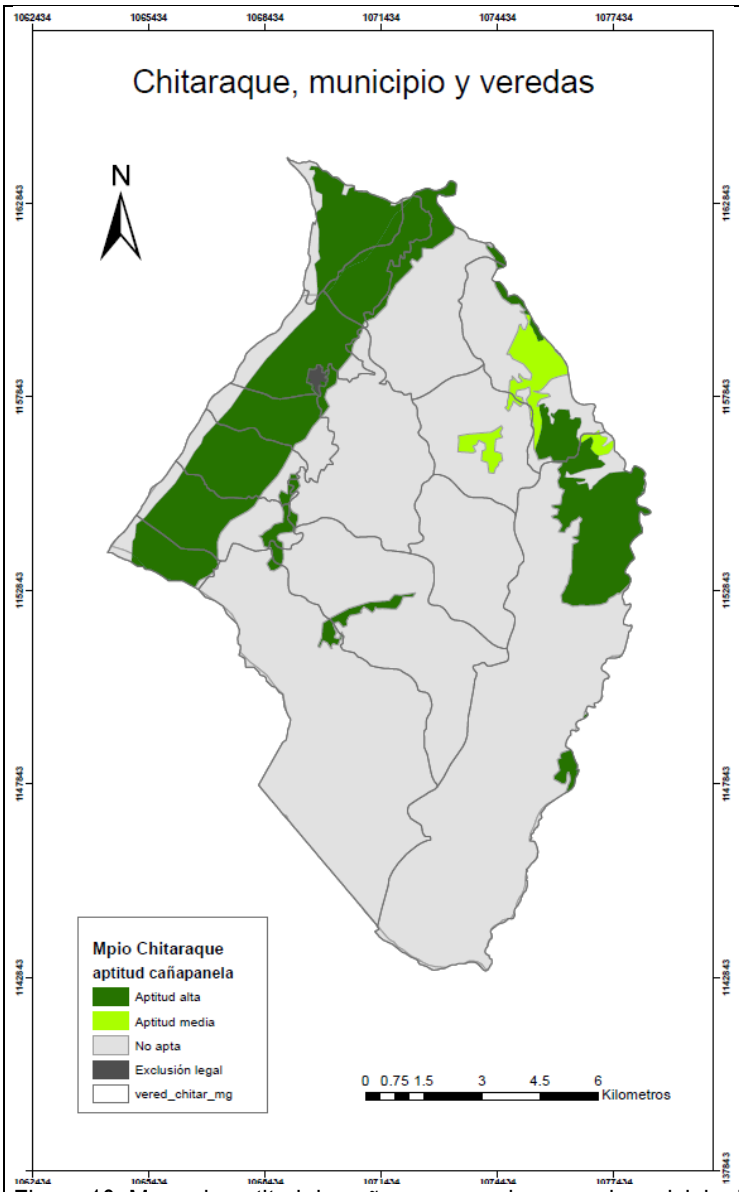


Figura 10. Mapa de aptitud de caña para panela, para el municipio de Chitaraque (UPRA, 2020).

Para el manejo de imágenes satelitales se utilizó la plataforma de computación en la nube de Google Earth Engine. Se desarrolló un programa en JavaScript con la API de Earth Engine para acceder a las imágenes de alta resolución espacial (4.7 m) del Programa Internacional de Bosques y Clima de Noruega (NICFI), para así realizar análisis y visualizar los resultados. El programa NICFI utiliza imágenes satelitales de alta resolución, específicamente de PlanetScope. Con la información cartográfica disponible y con una imagen satelital de la plataforma PlanetScope del mes de octubre de 2024, se realizó en oficina, junto con funcionarios de FEDEPANELA, una ruta para el monitoreo geoespacial de los núcleos de caña para panela en los 4 municipios de Boyacá. Como resultado de este recorrido, se recolectaron 172 puntos georreferenciados de cobertura de caña para panela en los cuatro municipios, con los cuales se realizó una primera aproximación de delimitación

de polígonos. Para el municipio de Chitaraque se han delimitado 1.238 hectáreas con este cultivo, observándose la presencia de polígonos localizados en suelos no aptos para el cultivo, según la UPRA (figura 11).

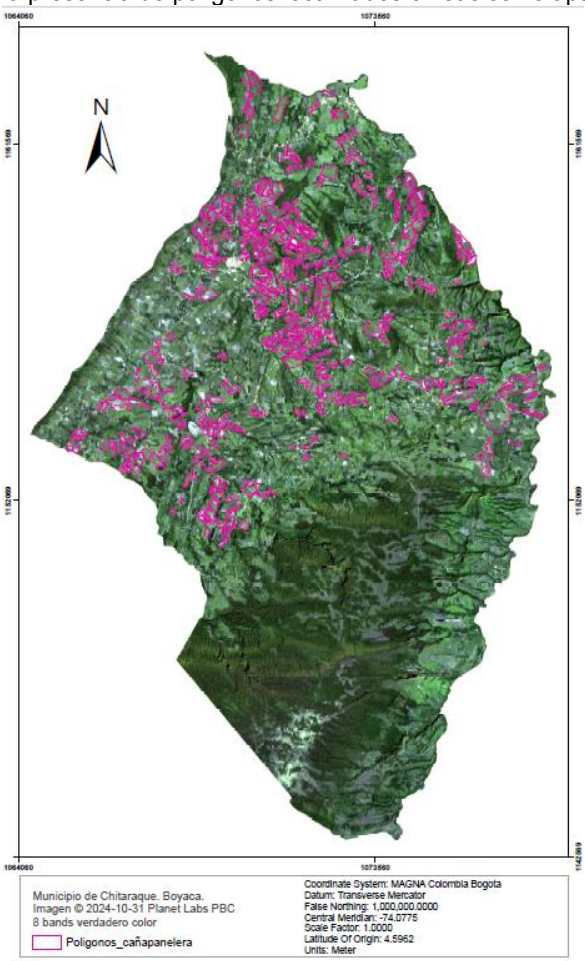


Figura 11. Imagen PlanetScope, en verdadero color con los predios cañicultores, en el municipio de Chitaraque, Boyacá.

Finalmente, como parte del fortalecimiento técnico del proceso, se gestionó la vinculación de un asistente técnico del SENA con formación en Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya labor estará centrada en la delimitación de los polígonos donde se encuentra caña para panela, en su primera aproximación. Este recurso humano especializado, contratado hasta diciembre de 2024, permitirá consolidar un análisis integral de las zonas priorizadas, asegurando una selección técnicamente fundamentada para las parcelas de Validación y Vinculación en 2025

Conclusiones

Se continuará avanzando con la planeación muestreos propuestos

Recomendaciones - Pasos a seguir

Se acordó con Fedepanela que la estación climática (de las mismas características) que se presupuestó por parte de ellos, podrá ser utilizada, en acuerdo con ellos, en un sitio conveniente y que ayude a colectar información donde no sería posible obtenerla; se hará la discusión pertinente para la mejor definición del sitio.

Evidencias

Reporte de mapeo

Tabla 28. Generación de una línea base que permita definir sitios contrastantes para la implementación de parcelas de validación y vinculación en 2025 del sistema productivo caña

Componente
1
Eje
1
Actividad GCF/ 1.1.2
Subactividad 1.5.1. Producto: Análisis de información primaria y secundaria para la definición de los mejores sitios contrastantes donde se deben implementar las parcelas de validación y vinculación. Instalación de las estaciones climáticas.
Tipo de implementación: Ensayo, parcela demostrativa, entre otros: Modelación de parcelas
En experimentación, tener o generar ambientes contrastantes hace referencia a la re-creación de diferentes condiciones o contextos en los que se realizan observaciones para identificar cambios en los sistemas, a través del análisis de variables de respuesta. Este enfoque es fundamental en la investigación científica que tiende a identificar vulnerabilidades frente a amenazas de distinto tipo. Los contrastes ambientales pueden generarse en entornos controlados, como laboratorios e invernaderos, así como en entornos naturales.
Sistema Productivo
Caña
Descripción
En la práctica, la experimentación en ambientes contrastantes ha posibilitado identificar la línea base de la biodiversidad y definir efectos del cambio climático. Por ejemplo, en Perú, se logró cuantificar el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad y el crecimiento de árboles nativos a través del uso de una metodología de ambientes contrastantes llamada **transecto altitudinal,** que incluye **parcelas de muestreo** permanente de 1 hectárea, ubicadas a diferentes altitudes, **monitoreo constante de vegetación** (medición y análisis del crecimiento de árboles) y **recolección de datos** de variables **climáticas** en cada parcela (Valenzuela *et al.*, 2015[1]). En Uruguay, se lograron ambientes contrastantes a partir del uso de **mesocosmos** y lisímetros de drenaje, **protegidos de la lluvia** (protocolo "rain-out shelter"), en los que se **simularon diferentes ambientes**, contrastantes en humedad del suelo, para evaluar su efecto sobre el rendimiento de soya (Capurro *et al.*, 2017[2]). En otros casos, por ejemplo, se encuentra éxito al evaluar condiciones ambientales y de algunas especies en **transectos lineales** para tener conocimiento de la abundancia de especies, lo que permite interpretar adecuadamente el efecto del ambiente (a escala local) sobre una amplia variedad de procesos ecológicos que afectan a una población (Buckland *et al.*, 2015[3]). Es importante mencionar que capturar datos experimentales en ambientes contrastantes permite definir con alta certidumbre modelos sencillos que relacionan las variables ambientales con las variables de respuesta (Figura 12).

[1] https://www.researchgate.net/publication/309764766_Baseline_for_screening_the_vegetation_of_El_Sira_Comunal_Reserve_Linea_base_para_el_monitoreo_de_la_vegetacion_en_la_Reserva_Comunal_El_Sira_RCS

[2] http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n2/2301-1548-agro-21-02-00065.pdf

[3] Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Marques, T.A. & Oedekoven, C.S. (2015) Distance sampling: methods and applications, Springer, New York. 277 pp.

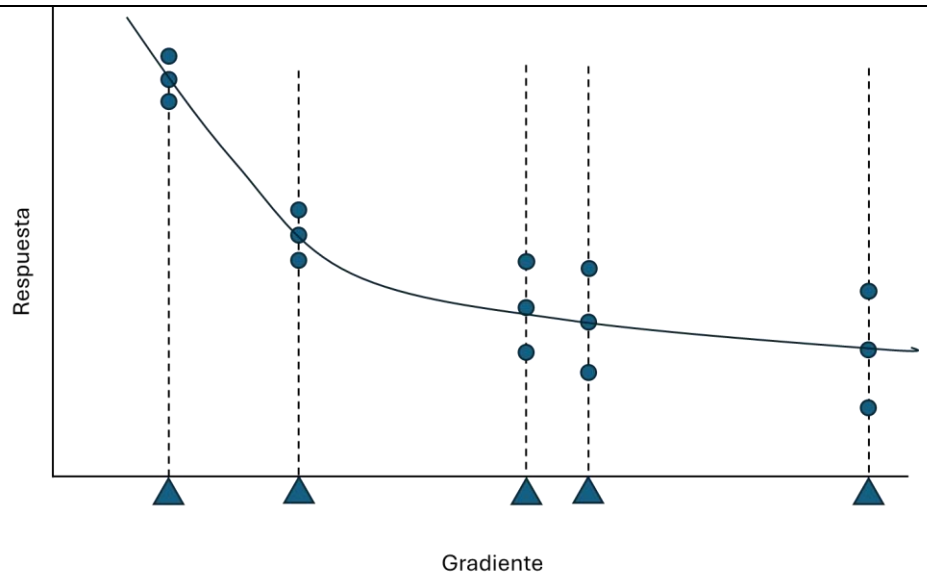


Figura 12. Modelo teórico que asocia la respuesta a una variable de entrada (x) proveniente de ambientes contrastantes.

Justificación

Como estrategia para la investigación en adaptación a la variabilidad y el cambio climático, los sitios contrastantes tienen el objetivo de identificar ambientes idóneos o no idóneos, que a futuro permitirán definir probabilidades de riesgo. En otros casos, por ejemplo, se encuentra éxito al evaluar condiciones ambientales y de algunas especies en **transectos lineales** para tener conocimiento de la abundancia de especies, lo que permite interpretar adecuadamente el efecto del ambiente (a escala local) sobre una amplia variedad de procesos ecológicos que afectan a una población (Buckland *et al*., 2015[4]).

Materiales y equipos comprados para la implementación

Registro fotográfico

No se han establecido las parcelas

[4] Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Marques, T.A. & Oedekoven, C.S. (2015) Distance sampling: methods and applications, Springer, New York. 277 pp.

Figura 13. Visita a productores de caña para panela en la cuenca del río Suárez (Boyacá-Santander). Vereda Las Juntas (San Benito, Santander).

Localización: Departamento, municipio, dirección, coordenadas

Sede Cimpa, Km. 2, vía antigua a Cite Barbosa, Santander

Resultados

Además de la visita a las zonas productoras, se colectó información climática, proveniente de fuentes secundarias como el IDEAM[5], Federación Nacional de Cafeteros[6] y Reanálisis (CHIRPS y ERA5 Ag, consultados a través de la Plataforma Engine[7]), que permitiera identificar contrastes ambientales marcados. Una de las variables que determina en gran medida los itinerarios técnicos asociados al sistema de producción de caña para panela es el patrón intra-anual de lluvias a escala local (Figura 14). Esto permitió identificar regímenes monomodales en el centro del departamento de Santander (Mogotes) y Nariño, patrones cuasi-monomodales entre Boyacá y Sanatander y Antioquia y bimodal en Cundinamarca y Valle del Cauca. El patrón monomodal sólo tiene un pico de precipitación durante el año, es decir, se trata de zonas donde hay una estación lluviosa bien definida y una estación seca. En el caso de Santander y Antioquia la época lluviosa se presenta a mitad de año, mientras que en Nariño las mayores precipitaciones se presentan entre finales y principio de año (Figura 9). De otro lado, el patrón bimodal, con dos picos de precipitación en el año, generalmente separados por un período más seco, es común en regiones donde el paso de la Zona de Convergencia Intertropical ejerce una marcada influencia. La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) es una franja de baja presión atmosférica que se encuentra cerca del ecuador terrestre. Esta zona se forma debido a la convergencia de los vientos alisios del hemisferio norte y del hemisferio sur, lo que provoca una gran cantidad de lluvias y tormentas en las regiones ecuatoriales (León *et. al.*, 2000[8]). La ZCIT es una de las principales causas de las precipitaciones en las zonas tropicales del planeta. Su ubicación no es fija; se desplaza hacia el norte y el sur a lo largo del año, siguiendo el movimiento aparente del sol. Durante el verano boreal, la ZCIT se mueve hacia el norte, afectando a países como México y Estados Unidos. En el invierno boreal se desplaza hacia el sur, impactando regiones como Brasil y el norte de Argentina, de ahí que llueva más en el sur de Colombia (incluyendo Nariño). Este fenómeno climático es crucial para la meteorología global, ya que influye

[5] https://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

[6] https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/registros-historicos

[7] https://app.climateengine.org/climateEngine

[8] Leon G, J. Zea, J. Eslava. (2000): Circulación general del trópico y la Zona de Confluencia Intertropical en Colombia. Meteorol. Colomb. 1:31-38. ISSN 0124-6984. Santa Fe de Bogotá, D.C. – Colombia.

en la formación de ciclones tropicales y en el clima general de las regiones cercanas al ecuador. La ZCIT también tiene un impacto significativo en la agricultura, ya que determina épocas de siembra y cosecha, así como épocas de mayor o menor riesgo por efecto de plagas y enfermedades asociadas a condiciones ambientales. La formación de la ZCIT se debe a la convergencia de los vientos alisios, que son desviados por la fuerza de Coriolis, creando una zona de baja presión cerca del ecuador. Esta zona de baja presión genera corrientes de aire ascendente, que, al enfriarse, provocan la formación de nubes y precipitaciones intensas. Además, la ZCIT no es una línea recta, sino que tiene una forma variable y su posición cambia a lo largo del año.

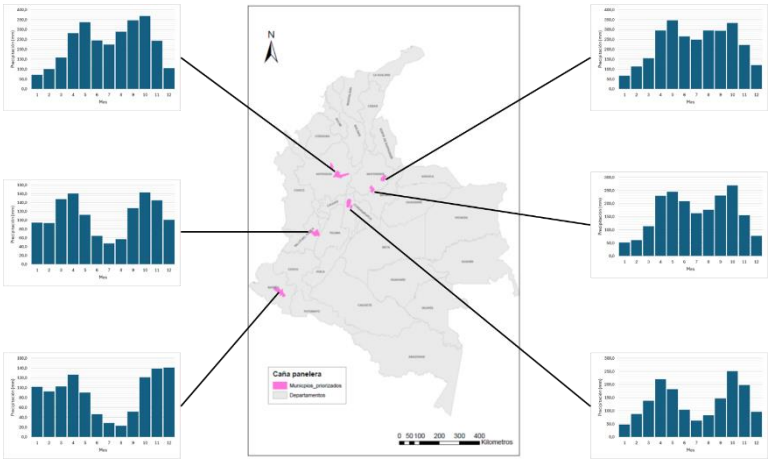


Figura 14. Patrones medios históricos de precipitación de acuerdo con las normales históricas (1981-2010) publicadas por el IDEAM.

De acuerdo con Jaramillo (2005) la temperatura del aire varía en función de la altura sobre el nivel del mar siguiendo las tasas que aparecen en la Figura 10. Por lo tanto, regiones, como las encontradas en la cuenca del río Suárez, ofrecen un cambio importante en temperaturas del aire (mínima, media y máxima) en cortas distancia, algo importante ya que en cortas distancias se tienen ambientes contrastantes, lo cual, desde el punto de vista logístico (transporte) significa poder sondear varios ambientes en cortas distancias.
La Figura 15 presenta una relación entre la altitud y la temperatura media del aire, de acuerdo con la ecuación definida por Jaramillo para gran parte de la zona andina colombiana.

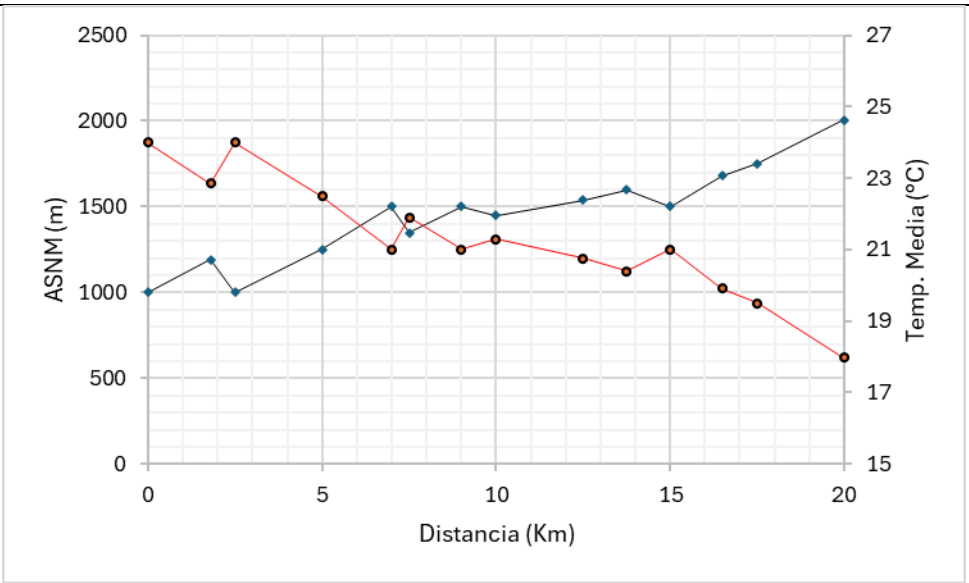
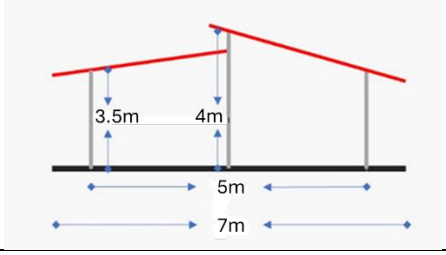


Figura 15. Ejemplo de perfil altitudinal en la cuenca del río Suarez, mostrando un cambio de 1000 metros en altitud en 20 km de distancia (perfil altitudinal, línea azul) y cambio en temperatura media del aire (línea roja).

La implementación del transecto altitudinal será excelente método para definir cómo los cambios en temperatura podrían afectar el sistema de producción de caña para panela. Sin embargo, para determinar los cambios de humedad a nivel de suelo se generarán contrastes ambientales a través del uso de mesocosmos y casas para protección de lluvia ("invernaderos"), con diferentes dosis de aplicación de agua, que generan déficit y exceso de agua a nivel del suelo.

La implementación de un experimento con niveles de déficit y exceso hídrico es fundamental para entender cómo las plantas responden a diferentes niveles de disponibilidad de agua. Este tipo de estudios son fundamentales para entender la capacidad que tienen los cultivos para responder ante eventos lluviosos extremos, es decir, la susceptibilidad de estos. Para establecer este experimento se seleccionará un área neta de 130 metros cuadrados aislada de las inclemencias del tiempo mediante un plástico protector, ubicado a 4 metros de altura (su parte más alta en el medio) con un desnivel de 0,5 metros por cada 2,5 metros hacia los extremos (Figura 16). Se instalarán, bajo la estructura plástica, 60 mesocosmos cuadrados de $1m^3$ (1mx1mx1m) en los que se dispondrá suelo característico de la zona de Barbosa (Santander) y se sembrarán plantas de caña de azúcar para panela de las variedades más sembradas a escala nacional.



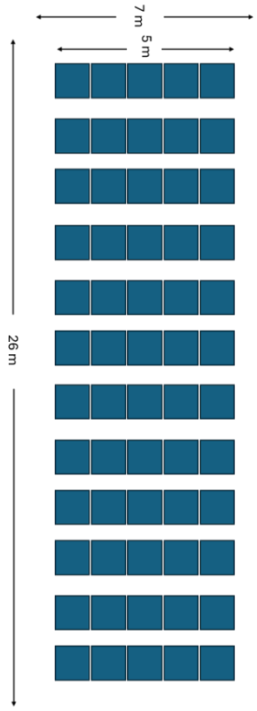


Figura 16. Esquema frontal del invernadero (Adaptado de Almanza *et al.*, 2021[9]) (arriba) y esquema de disposición de mesocosmos en su interior (abajo).

Se establecerá un sistema de riesgo (Figura 17) que permita tener en el área tratamientos con varias dosis de riego, desde déficit hídrico (menos agua de la necesaria) hasta exceso hídrico (más agua de la necesaria). De acuerdo con los expertos consultados, inicialmente se pueden definir tratamientos con 50%, 75%, 100%, 125% y 150% de la evapotranspiración del cultivo. Se plantea el uso de un diseño experimental en bloques completos al azar que permita asegurar la validez y la reproducibilidad de los resultados. Cada tratamiento se replicará seis veces para albergar dos variedades de caña por cada campaña de experimentación y poder obtener datos confiables (Lozada & Sentelhas *et al.*, 2003[10]).

[9] Propuesta de proyecto a Ecopetrol (optimización de uso de aguas procedentes de la explotación de petróleo).
[10] Lozada, B. & Sentelhas, P. (2003). Relaciones entre deficiencias y excedentes hídricos estimados a partir de los balances hídricos normal y secuencial. Bioagro, 15(3), 209-216. Recuperado en 05 de diciembre de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000300008&lng=es&tlng=es.

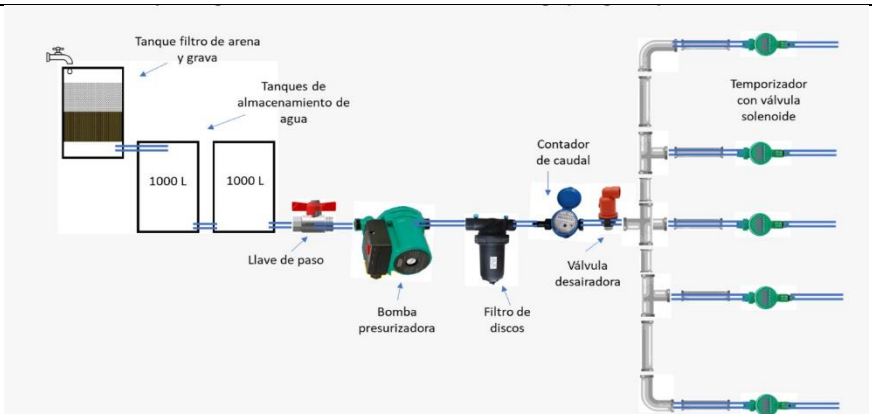


Figura 17. Esquema general del sistema de riego por goteo del invernadero (Adaptado de Almanza *et al*., 2021).

Conclusiones

Se utilizarán métodos estadísticos para analizar los datos y se determinarán las diferencias significativas entre los tratamientos. Esto ayudará no sólo a identificar la dosis de riego óptima que maximiza el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua, sino que permitirá comparar entre variedades y definir la más tolerante a condiciones extremas adversas.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Se aplicará la cantidad de agua correspondiente a cada tratamiento de riego en intervalos regulares. Para ello se harán aforos permanentes al sistema de riego utilizado y se monitorearán las condiciones climáticas durante el experimento (Castro *et al*., 2013[11]). Se evaluarán, bajo estas condiciones, parámetros fisiológicos [Intercambio Gaseoso (Fotosíntesis, Respiración, Transpiración)], el crecimiento de las plantas, el rendimiento en sacarosa, la calidad del producto y la eficiencia en el uso del agua. También se medirá la humedad del suelo y el estrés hídrico de las plantas mediante técnicas como la medición del potencial hídrico foliar (Castro *et al*., 2013).

Reporte de mapeo

[11] http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12216/1/st-241-2018.p.78-86-Castro-et-al.pdf

Documentos de investigación

Tabla 29. Documentos de investigación: Asesoramiento a Fedepapa sobre sitio o área de emplazamiento de estaciones meteorológicas del cultivo de Papa

Componente
1
Eje
1
Actividad GCF
Actividad 1.4. Generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático (C1)
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Este producto se enfoca en generar oferta tecnológica y conocimiento por parte de los productores para la adaptación y mitigación del cambio climático
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 1.4.1. a. Desarrollo de una red para recopilar información climática (red de estaciones meteorológicas) en sitios priorizados. La cual describe el entregable: "Documento de diagnóstico de las estaciones disponibles en las zonas priorizadas para el cultivo de papa, y Compra e instalación de (2) estaciones agroclimáticas en las zonas priorizada, funcionando. b. Identificación y mapeo de áreas vulnerables a experimentar estrés hídrico y biológico, basado en su suministro de agua. La cual describe el entregable: "Documento con el diagnóstico de necesidades de información agroclimática para el cultivo de papa en las zonas priorizadas" y "Reporte de revisión de información disponibles para análisis de riesgo agroclimático de heladas, exceso y déficit hídrico y definición de indicadores"
Antecedentes
Se entregó un primer informe donde se realizó un proceso detallado para el emplazamiento de estaciones meteorológicas automáticas, con el objetivo de servir como insumo para el monitoreo climatológico, complementando así una red que comenzó en el 2020 en la provincia Sabana de Occidente del departamento de Cundinamarca. Se delimitaron las principales consideraciones para el establecimiento y emplazamiento de las estaciones, tarea finalmente asumida por FEDEPAPA. Por otro lado, se realizó un primer inventario de información climática de la red hidrometeorológica del IDEAM.
Metodología
Este primer paso, aporta al desarrollo de los sistemas de información que bajo el proceso de captura, análisis y puesta a disposición de usuarios (Extensionistas, productores, investigadores, entre otros), de información de variables climáticas y agroclimáticas para el desarrollo y/o alimentación de índices agroclimáticos, modelos de simulación de cultivos, cálculo de láminas de riego, determinación de variables bioclimáticas o monitoreo del estado del tiempo. Este proceso se ha realizado a través de reuniones con FEDEPAPA, AGROSAVIA y Alianza CIAT-Biodiversity
Resumen ejecutivo
En este reporte se detallan los principales aspectos que se deben tener en cuenta para el emplazamiento de estaciones meteorológicas automáticas, con detalles técnicos para equipos marca iMetos, referencia 3.3. • Aspectos generales: emplazamiento e instrumentación • Cerramiento

- Componentes de la estación
- Proceso de emplazamiento
- Puesta en funcionamiento y consulta de información

Cabe resaltar que la actividad de emplazamiento fue desarrollada por FEDEPAPA, lo que limitó el alcance del reporte ya que no se pudieron obtener más evidencias del correcto emplazamiento.

Asimismo, el reporte contiene la versión preliminar del documento de diagnóstico de necesidades de información agroclimático, bajo los lineamientos del proceso de diseño centrado en la persona DCP, como esquema general para la construcción del proceso de codesarrollo de las herramientas digitales del proyecto, en los treinta y tres (33) municipios de influencia de CAS – papa; un reporte de revisión de la información disponible, plataformas e indicadores para la evaluación.

Capítulos que se van a desarrollar

a) Selección y proceso de emplazamiento de dos estaciones meteorológicas con fines de monitoreo climático

1. Emplazamiento e instrumentación

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), define a la estación meteorológica como un punto de observación representativo de un lugar, donde se puedan efectuar las mediciones. En tal sentido, para fines agroclimáticos, los instrumentos de medición de variables están sujetos a condiciones de emplazamiento similares a las recomendadas para estaciones con fines climatológicos, los cuales se resumen a continuación:

- El lugar de emplazamiento debe ser plano (carecer de pendiente fuerte), cubierto de hierba o de la superficie más representativa del lugar. Se recomienda que se encuentra delimitada por un cerramiento seguro que proteja del paso de cualquier persona ajena.

- Se deben evitar laderas adyacentes o emplazamientos con hondonadas, dado que esto puede sesgará las mediciones a peculiaridades de importancia local.

- La instalación debe estar suficientemente alejada de árboles, edificios, muros u otros obstáculos. La distancia entre estos y los instrumentos no debe ser inferior al doble de la altura del objeto por encima del borde del aparato, preferiblemente se debe cuadruplicar la altura.

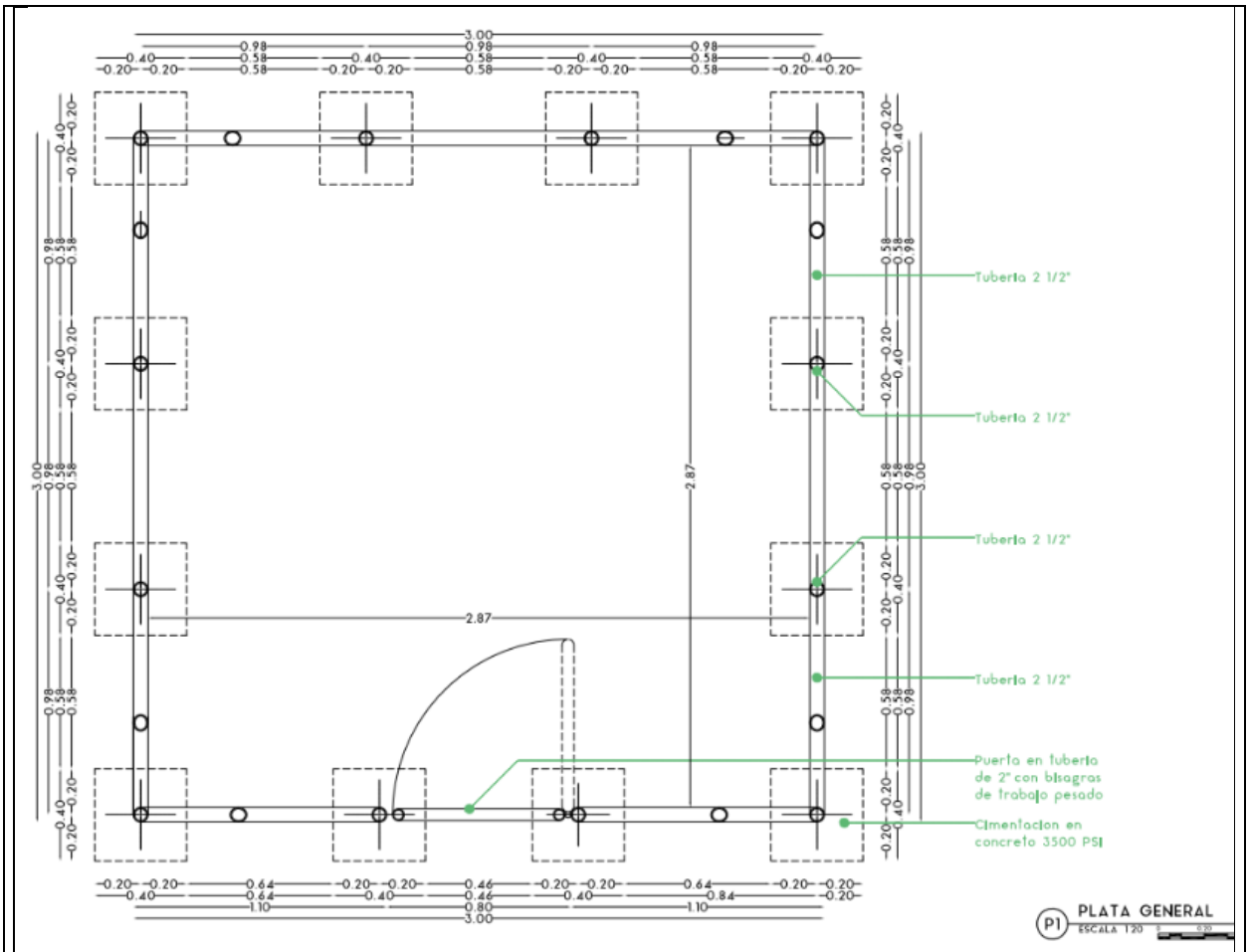
- Se debe tener en cuenta los requerimientos de emplazamiento de cada instrumento. En el caso de estar integrados como algunas Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA), se debe seguir los requisitos del fabricante.

Cumplir con los anteriores requerimientos garantizan cualquier incertidumbre en las mediciones, eliminando cualquier fuente de error. Sin embargo, la ubicación perfecta es prácticamente imposible de garantizar ya que factores que disparan el error en la medición de algunas variables puede ser favorable para la disminución en otras.

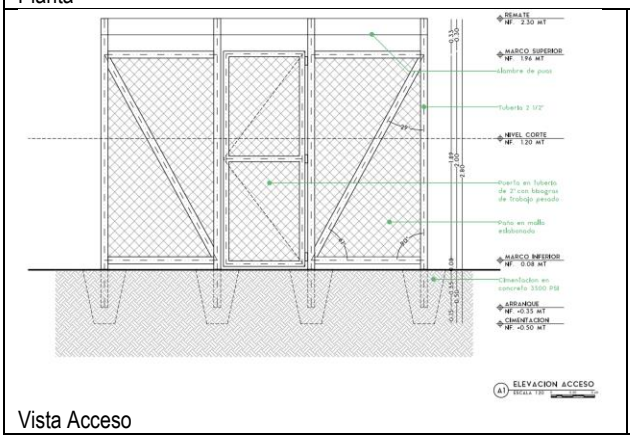
2. Cerramiento

El cerramiento es un elemento esencial que garantiza la seguridad de la estación meteorológica sobre personal ajeno, animales de granja y otro tipo de amenazas que afecten el normal funcionamiento de los instrumentos que la conforman. La estructura fue diseñada de acuerdo con algunos estándares dispuestos por la OMM, implementada en otros proyectos realizados por AGROSAVIA, con el suficiente espacio útil para el despliegue de los instrumentos, sobre todo aquellos que monitorea el contenido volumétrico de humedad del suelo.

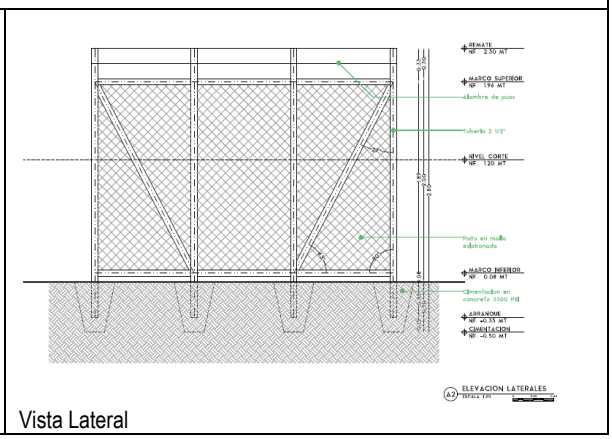
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa el diseño propuesto para cerramiento que protege el cuerpo de las E MA, proponiendo un área útil de 6 m^2, con una altura máxima de 2 m. Los materiales de construcción recomendados son: cimentación en concreto, tubería galvanizada con recubrimiento anticorrosivo mínimo de 2", malla eslabonada, remate superior en alambre de púas y puerta de acceso con ángulo y malla.



Planta



Vista Acceso



Vista Lateral

Figura 22. Planos laterales y planta del cerramiento propuesto

3. Estación meteorológica automática EMA

La EMA emplazada se distribuye en dos nodos: medición de variables meteorológicas atmosféricas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y medición de variables de contenido de humedad del suelo. El primer nodo, que se considera como la estación meteorológica (Pessl-iMetos 3.3, variante 280), se compone de siete (4) instrumentos que registran la temperatura y humedad del aire, la lluvia, velocidad del viento y radiación solar global.

Figura 23. Estación meteorológica iMetos 3.3 (Pessl Instruments): 1. Abrigo meteorológico con sensores de humedad y temperatura del aíre; 2. Piranómetro; 3. GPS (Sistema de Posicionamiento Global) / Comunicación; 4. Pluviómetro; 5. Board (dispositivo de almacenamiento de datos, conexión de sensores y modem de transmisión GSM); 6. Panel solar de recarga de batería; 7. Anemómetro de cazoletas. (Fuente: http://metos.at/wp-content/uploads/2018/07/iMETOS33-short_manual-ES.pdf)

El segundo nodo se compone de dos (1) sensor PESSL PI54D (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), compatible con t ecnología Pessl, los cuales miden el contenido volumétrico de agua (VWC, por sus siglas en inglés). Determina el VWC midiendo la constante dieléctrica del suelo mediante tecnología de capacitancia y la temperatura del suelo. Mide 1 litro de suelo gracias a sus 10 cm de longitud, mientras que la alta frecuencia minimiza los efectos de la salinidad y la textura, lo que hace que el PI54-D sea preciso en la mayoría de los suelos.

Adicionalmente, el funcionamiento de la estación está soportado por un panel solar, que garantiza la carga de las baterías recargables que alimentan el voltaje de los sensores; un Board (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que almacena la información registrada p or los sensores y la transmite a la nube con tecnología 4G, y; una antena de comunicación que garantiza la conexión a una red GSM-4G más el dispositivo de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés).

Figura 24. Sensor de medición de VWC PESSL PI54D

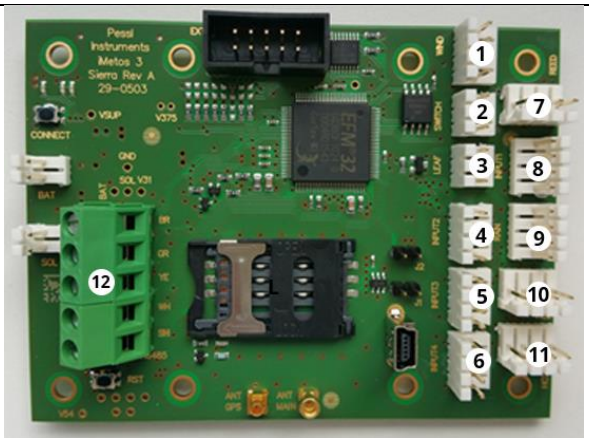


Figura 25. *Board* de la estación meteorológica. De 1 a 12 se encuentran numerados las entradas para cada uno de los sensores (Fuente: https://metos.at/es/imetos-3-3-manual/)

La tabla a continuación describe las especificaciones de los sensores de la estación agrometeorológica, incluyendo unidad de medición, precisión y referencia. El color azul, se refiere a los sensores que registran variables climáticas de tipo atmosférico, mientras el color anaranjado muestra los relacionados con el monitoreo de contenido volumétrico de agua. Asimismo, en color gris se describen los instrumentos que permiten el funcionamiento de la estación agrometeorológica.

Tabla. Principales características que componen la EMA

Nodo	Sensor o instrumento	Variable	Unidad	Referencia	Precisión
Estación Meteorológica	**Pluviómetro de báscula**	Precipitación	[mm]	Rain Gauge IM523	Hasta 12 $mm.min^{-1}$ con ±5% de precisión
	Abrigo meteorológico	Temperatura del aire	[°C]	PT1000 1/3 Class B	± 0.1 °C
		Humedad del aire	[%]	ROTRONIC Hygromer® IN-1	± 0.8%
	Piranómetro	Radiación solar global	$[W.m^{-2}]$	LI-200SZ	Error absoluto 5% Error típico 3%
	Anemómetro de cazoletas	Velocidad del viento	$[m.s^{-1}]$	PESSL INSTRUMENTS WIND SPEED	-
Humedad del suelo	**Sensor de humedad del suelo**	Contenido Volumétrico de Agua (VWC)	$m^3.m^{-3}$ [%]	PI 54D	± 2% en cualquier medio poroso
Funcionamiento	**Panel Solar**	13.5 x 13.5 cm, 2 Watts			
	Board	8 MB de memoria; tecnología de comunicación GPRS, HDSPA, UMTS, WiFi, LTE Clase 1 y LTE Clase M (Q2/2020)			
	GPS/Comunicación	GSM/GPRS/EDGE/3G/4G			

4. *Selección de sitios para emplazamiento*

De acuerdo con lo anterior y basados en diversos encuentros con FEDEPAPA, la selección de los sitios de emplazamiento realizó a partir de la identificación de zonas de tradición productiva en el cultivo La ubicación de las estaciones se puede observar en la figura 5, en dos

municipios con acciones en el proyecto. De la misma forma, en la tabla 2. se observan los aspectos generales de localización: coordenadas, municipios y altitud.

Toca (Boyacá)

Villapinzón (Cundinamarca)

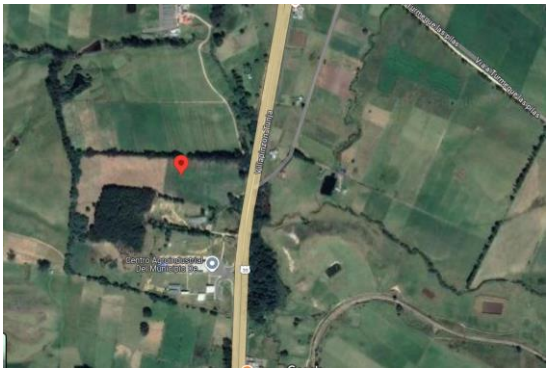


Figura 26. Ubicación de los sitios de emplazamiento preliminar

Tabla. Sitios de emplazamiento preliminares para las EMA

Predio	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación msnm
1	Toca	Boyacá	5°33'33.6"N	73°12'00.4"W	2.746
2	Villapinzón	Cundinamarca	5°15'45.1"N	73°35'17.5"W	2.785

5. *Proceso de instalación*

Esencialmente se debe contar con un tubo galvanizado de dos metros y medio de largo preferiblemente, que debe ser enterrado 0.5 metros; de la misma forma, el tubo debe ser revestido de pintura o laca anticorrosiva. En principio, el cuerpo de la estación debe estar entre 1.5 – 2.0 metros del suelo, es decir, cumpliendo la altura reglamentaria de instalación de los sensores de humedad y temperatura del aire de una garita meteorológica convencional, con ello se garantiza medidas estándar de estas variables. La orientación de la estación debe estar de acuerdo con la orientación del panel solar, para que éste quede con la cara hacia el sur, de tal manera, se aproveche todo el recorrido del sol (oriente-occidente) con el objetivo de una carga adecuada de la batería.

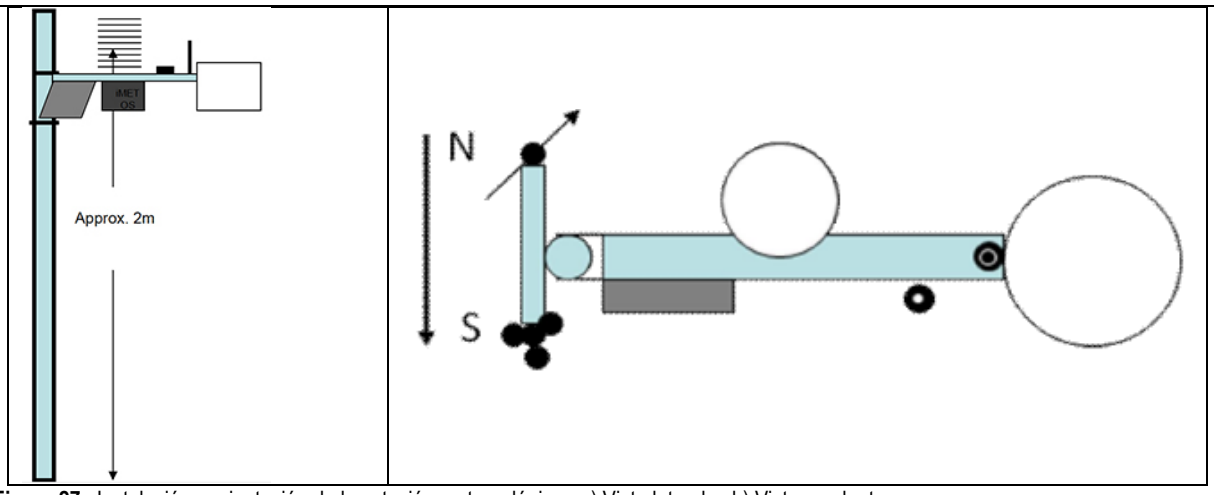
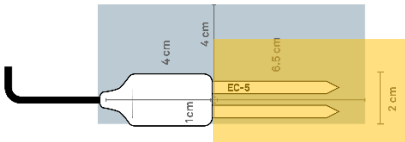


Figura 27. Instalación y orientación de la estación meteorológica. a) Vista lateral y, b) Vista en planta

Con respecto a los sensores de contenido volumétrico de humedad del suelo, se debe realizar de acuerdo con la profundidad media de la raíz que, para el caso del cultivo de papa puede variar entre 20 – 40 cm. Es recomendable demarcar con una cinta de aislamiento el lugar de instalación dado que en la zona no se deben adelantar prácticas de manejo que impliquen algún inconveniente para los sensores. Previamente, se debe cavar por lo menos a 50 cm de profundidad desde la superficie (si el sensor es instalado a 35 cm), tratando de estabilizar una de las laderas para que sea más fácil su instalación. A continuación, se instalan de forma horizontal cada uno de los sensores de manera que las paletas (con longitud de 6,5 cm) queden enterradas en la ladera estabilizada tal como lo muestra la figura de ejemplo. Finalmente, se debe rellenar de nuevo la superficie cavada, cuidando al máximo los movimientos bruscos que puedan alterar la instalación de los sensores. Previamente, es necesario determinar las curvas de retención de humedad del suelo para que las lecturas de los sensores sean consistentes con los registros; en el caso que no haya consistencia, se debe realizar su calibración.



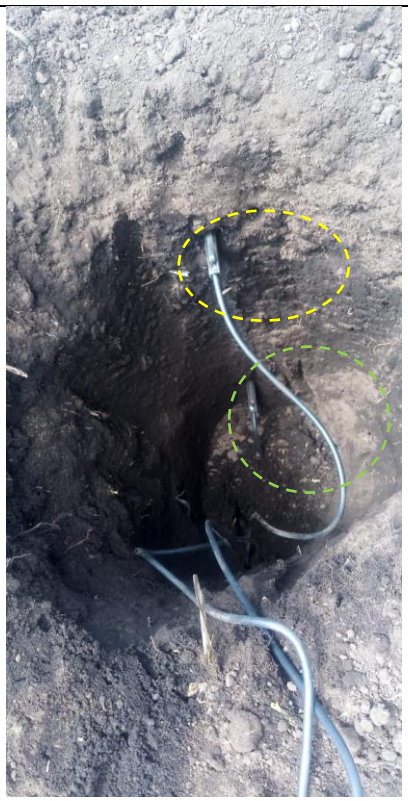


Figura 28. Instalación sensores de contenido volumétrico de humedad (Fuente: AGROSAVIA-SIAP, 2024)

6. *Puesta en funcionamiento y consulta de información*

La puesta en funcionamiento se realiza a través de la aplicación Fieldclimate® de Pessl®. Se debe crear una cuenta de usuario en la URL https://ng.fieldclimate.com/auth/registration donde se hace la administración de la información y el monitoreo del correcto funcionamiento de cada uno de los sensores. Cada estación meteorológica cuenta con un Serial que es único e irrepetible, e identifica a nivel mundial el equipo. La Llave 1 (Key 1) permite un acceso de configuración de la estación más extenso que la Llave 2 (Key 2), la cual se limita a consulta básica de los registros más algunas gráficas personalizables.

Figura 29. Serial y llave de equipo iMetos

LIMITANTE: para consulta de información, aún no se cuenta con los seriales y llaves de equipo de las estaciones meteorológicas adquiridas por el proyecto CAS a través de FEDEPAPA, ni el acceso a la plataforma Fieldclimate® debido que, según el gremio, aún no se cuenta con un acuerdo para el desarrollo de las plataformas, argumento que limita el alcance de este informe

b) Inventario de información climática para todos los municipios priorizados en los 4 departamentos (Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Nariño)

Se realizó la búsqueda de estaciones ubicadas dentro de los límites geográficos de los municipios incluidos en el proyecto CAS-Papa, en el Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM. Este catálogo, disponible dentro del DHIME (http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/), es una herramienta que recopila y organiza la información de las estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del territorio colombiano, clasificándolas por categorías según el tipo de mediciones que realizan, como estaciones climáticas, pluviométricas, meteorológicas, entre

otras. Además, el catálogo también detalla el estado operativo de las estaciones, que puede ser activa, suspendida o fuera de servicio. Los departamentos incluidos en el proyecto CAS-Papa son Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Nariño.

A continuación se detallan los resultados encontrados para cada uno de los departamentos:

ANTIOQUIA

Carmen de Viboral: cuenta con 5 estaciones meteorológicas de categoría Pluviométrica. De estas, solo 2 están activas, lo que representa el 40% del total. Esto sugiere que la mayoría de las estaciones en este municipio están suspendidas, lo cual podría limitar la capacidad de monitoreo actual.

La Unión: posee 1 estación Climática Ordinaria, 1 Pluviográfica y 2 Pluviométricas. Todas están activas, alcanzando un 100% de operatividad. Este municipio tiene un sistema de monitoreo completamente funcional en las categorías presentes.

San Vicente: tiene 1 estación Climática Ordinaria, 2 Pluviográficas y 2 Pluviométricas. De estas, las de categoría Climática Ordinaria y Pluviográfica están totalmente activas (100%), mientras que de las 2 Pluviométricas, solo una está activa, lo que da un promedio general de operatividad cercano al 80%.

Santuario: dispone de 1 estación Climática Principal, 1 Pluviográfica y 1 Pluviométrica. Todas están activas, con un 100% de funcionalidad, destacando este municipio por la eficiencia de su red de estaciones meteorológicas.

Sonsón: tiene una mayor diversidad, con 2 estaciones de categoría Climática Principal, 3 Pluviográficas y 5 Pluviométricas. De estas, las Climáticas Principales y Pluviográficas están completamente activas (100%), mientras que de las 5 Pluviométricas, solo 3 están activas, lo que representa un 60% de operatividad en esta categoría.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** relaciona las estaciones encontradas en el departamento de Antioquia en los municipios involucrados dentro del proyecto CAS-Papa

Tabla. Estaciones meteorológicas del departamento de Antioquia pertenecientes a la red hidrometeorológica del IDEAM

Código	Categoría	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)	Estado	Municipio	Fecha de instalación	Fecha de Suspensión
23080650	Pluviométrica	6.07	-75.34	1850	Activa	CARMEN DE VIBORAL	15/06/1973	
23080790	Pluviométrica	5.95	-75.28	2620	Suspendida	CARMEN DE VIBORAL	15/02/1982	15/11/2004
23080310	Pluviométrica	6.08	-75.32	2100	Suspendida	CARMEN DE VIBORAL	15/01/1922	15/12/1963
23080300	Pluviométrica	6.08	-75.33	2180	Activa	CARMEN DE VIBORAL	15/01/1959	
23080410	Pluviométrica	6.10	-75.35	2150	Suspendida	CARMEN DE VIBORAL	15/01/1965	15/12/1965
26185020	Climática Ordinaria	5.89	-75.32	2408	Activa	LA UNIÓN	15/06/1970	
26180170	Pluviométrica	6.00	-75.38	2530	Activa	LA UNIÓN	15/05/1970	
26180080	Pluviográfica	5.80	-75.32	2415	Activa	LA UNIÓN	15/12/1958	
26180100	Pluviométrica	5.98	-75.37	2500	Activa	LA UNIÓN	15/01/1959	
23085160	Climática Ordinaria	6.31	-75.25	1965	Activa	SAN VICENTE	15/05/1975	
23080340	Pluviográfica	6.25	-75.32	2070	Activa	SAN VICENTE	15/11/1958	
23080380	Pluviométrica	6.28	-75.33	2155	Activa	SAN VICENTE	15/01/1959	
23080440	Pluviográfica	6.32	-75.27	1980	Activa	SAN VICENTE	15/12/1967	
23080060	Pluviométrica	6.28	-75.33	2155	Suspendida	SAN VICENTE	15/01/1922	15/12/1966
23080920	Pluviográfica	6.13	-75.27	1250	Activa	SANTUARIO	15/05/1992	
2308500068	Climática Principal	6.13	-75.28	2162	Activa	SANTUARIO	23/12/2016	
23080350	Pluviométrica	6.13	-75.27	2150	Activa	SANTUARIO	15/01/1959	
23070020	Pluviográfica	5.86	-74.85	449	Activa	SONSÓN	1/09/2009	
23070010	Pluviométrica	5.86	-74.76	3347	Activa	SONSÓN	15/04/1987	
26180180	Pluviográfica	5.72	-75.29	2180	Activa	SONSÓN	15/06/1970	
23050100	Pluviométrica	5.73	-74.73	1751	Activa	SONSÓN	15/01/1980	
2618500069	Climática Principal	5.72	-75.29	2370	Activa	SONSÓN	30/04/2017	

26180150	Pluviométrica	5.72	-75.27	2500	Suspendida	SONSÓN	15/02/1951	15/08/1961
26180070	Pluviométrica	5.72	-75.30	1680	Suspendida	SONSÓN	15/01/1956	15/11/1974
26185501	Climática Principal	5.68	-75.35	1900	Activa	SONSÓN	20/09/2013	
26180060	Pluviométrica	5.70	-75.28	2600	Suspendida	SONSÓN	15/06/1955	15/08/1961

La ubicación de las estaciones identificadas en Antioquia se observa en el siguiente mapa:

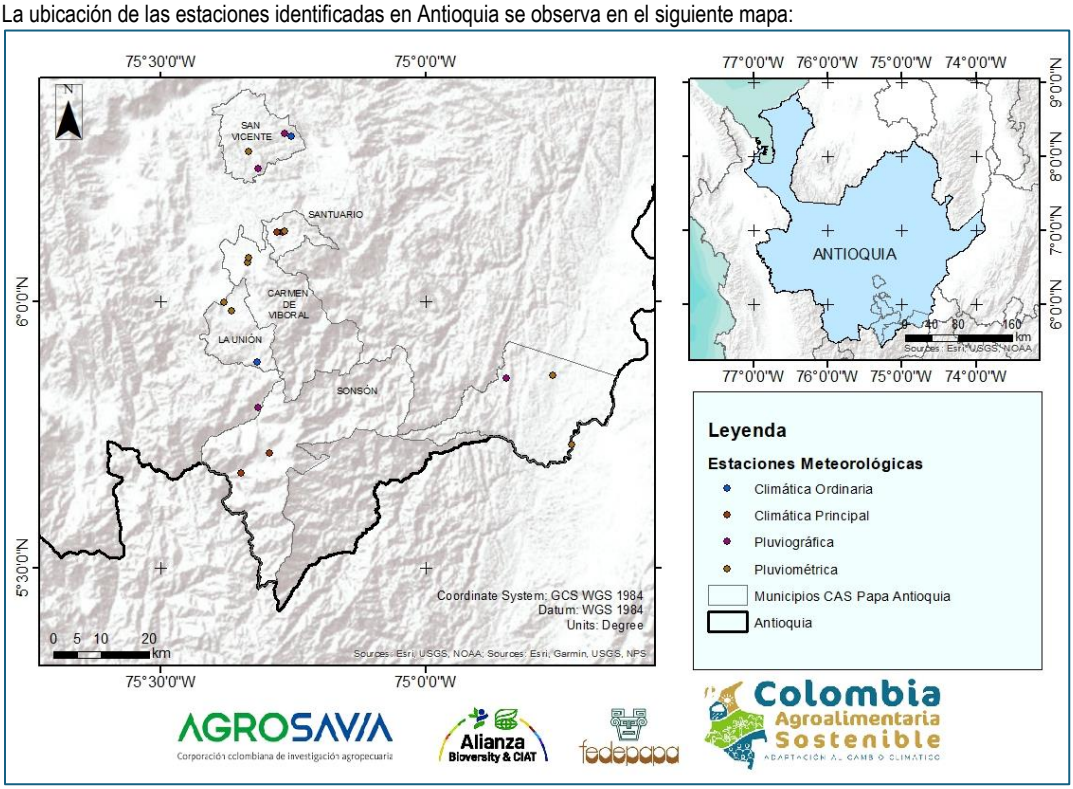


Figura 30. Localización estaciones hidrometeorológicas IDEAM para Antioquia

BOYACÁ

Cómbita: tiene 1 estación de categoría Pluviométrica, que está completamente activa (100%).
Motavita: posee 1 estación de categoría Climática Principal, que está activa (100%). También tiene 2 estaciones de categoría Pluviométrica, de las cuales solo 1 está activa (50%).
Saboyá: cuenta con 2 estaciones de categoría Climática Ordinaria y 1 estación Pluviográfica, todas activas (100%). Además, tiene 4 estaciones de categoría Pluviométrica, pero ninguna de ellas está activa (0%).
Samacá: hay 2 estaciones de categoría Climática Ordinaria y 2 de categoría Climática Principal, pero solo una de las Climáticas Principales está activa (50%). Posee 1 estación Pluviográfica, que está activa (100%). También tiene 8 estaciones Pluviométricas, ninguna de las cuales está activa (0%).
Toca: tiene 1 estación Climática Ordinaria y 1 Climática Principal, ambas activas (100%). Hay 1 estación Meteorológica Especial, que está suspendida (0%). Además, cuenta con 5 estaciones Pluviométricas, pero solo 1 está activa (20%).
Tunja: cuenta con 1 estación Climática Ordinaria y 1 Climática Principal, ambas activas (100%). Tiene 3 estaciones Pluviométricas, todas suspendidas (0%).
Tutazá: posee 2 estaciones Pluviométricas, ambas activas (100%).
Ventaquemada: tiene 1 estación Climática Principal y 1 Pluviométrica, ambas activas (100%).
La siguiente tabla relaciona las estaciones encontradas en el departamento de Antioquia en los municipios involucrados dentro del proyecto CAS-Papa

Tabla. Estaciones meteorológicas del departamento de Boyacá pertenecientes a la red hidrometeorológica del IDEAM

Código	Categoría	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)	Estado	Departamento	Municipio	Fecha de instalación	Fecha de Suspensión
24030310	Pluviométrica	5.63	-73.32	2820	Activa	BOYACÁ	CÓMBITA	15/08/1958	
24010840	Pluviométrica	5.63	-73.39	3195	Activa	BOYACÁ	MOTAVITA	15/08/1980	
24010730	Pluviométrica	5.63	-73.37	350	Suspendida	BOYACÁ	MOTAVITA	15/04/1987	15/09/1998
2401500080	Climática Principal	5.63	-73.39	3194	Activa	BOYACÁ	MOTAVITA	11/10/2017	
24015360	Climática Ordinaria	5.70	-73.76	2550	Activa	BOYACÁ	SABOYÁ	25/05/2009	
24010060	Pluviométrica	5.70	-73.80	2650	Suspendida	BOYACÁ	SABOYÁ	15/01/1946	15/01/1947
24010340	Pluviométrica	5.70	-73.77	2580	Suspendida	BOYACÁ	SABOYÁ	15/10/1961	15/01/1967
24010430	Pluviográfica	5.70	-73.75	2550	Activa	BOYACÁ	SABOYÁ	15/10/1965	
24015200	Climática Ordinaria	5.72	-73.82	3360	Activa	BOYACÁ	SABOYÁ	15/02/1965	
24010450	Pluviométrica	5.67	-73.70	3170	Suspendida	BOYACÁ	SABOYÁ	15/12/1965	15/12/1986
24011040	Pluviométrica	5.70	-73.80	2500	Suspendida	BOYACÁ	SABOYÁ	15/01/1946	15/12/1946
35070310	Pluviográfica	5.42	-73.38	3250	Activa	BOYACÁ	SAMACÁ	15/04/1990	
24015290	Climática Principal	5.43	-73.55	3400	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/07/1979	15/04/1994
24010800	Pluviométrica	5.48	-73.53	2800	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/07/1979	15/02/2002
24015220	Climática Principal	5.51	-73.50	2600	Activa	BOYACÁ	SAMACÁ	15/02/1968	
24011120	Pluviométrica	5.53	-73.48	2590	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/05/1992	15/09/1998
24010970	Pluviométrica	5.50	-73.48	3200	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/04/1942	15/01/1949
24015010	Climática Ordinaria	5.50	-73.48	3400	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/04/1931	15/03/1952
24010950	Pluviométrica	5.47	-73.55	3000	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/04/1933	15/07/1943
24011000	Pluviométrica	5.47	-73.55	3393	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/01/1956	15/12/1965
24015060	Climática Ordinaria	5.47	-73.55	2660	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/05/1933	15/01/1949
24010960	Pluviométrica	5.50	-73.55	3300	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/06/1955	15/07/1966
24010500	Pluviométrica	5.43	-73.60	3410	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/08/1966	15/07/1975
24010120	Pluviométrica	5.45	-73.55	3400	Suspendida	BOYACÁ	SAMACÁ	15/11/1941	15/12/1952
24035300	Meteorológica Especial	5.60	-73.19	2700	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/07/1971	28/08/2014
24030780	Pluviométrica	5.60	-73.22	2690	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/03/1974	15/09/1998
24030770	Pluviométrica	5.62	-73.13	2836	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/03/1974	28/08/2014
24030800	Pluviométrica	5.53	-73.16	3200	Activa	BOYACÁ	TOCA	15/03/1974	
24030130	Pluviométrica	5.57	-73.18	2740	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/07/1957	15/02/1973
24035040	Climática Ordinaria	5.58	-73.21	2700	Activa	BOYACÁ	TOCA	15/12/1991	
24030550	Pluviométrica	5.57	-73.20	2675	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/04/1971	15/09/1998
24031020	Pluviométrica	5.57	-73.17	2800	Suspendida	BOYACÁ	TOCA	15/06/1938	15/11/1942
24035130	Climática Principal	5.54	-73.36	2690	Activa	BOYACÁ	TUNJA	15/02/1962	
2401500086	Climática Principal	5.55	-73.36	2690	Activa	BOYACÁ	TUNJA	5/04/2018	
24030900	Pluviométrica	5.55	-73.33	2690	Suspendida	BOYACÁ	TUNJA	15/11/1946	15/11/1955
24030920	Pluviométrica	5.55	-73.40	2700	Suspendida	BOYACÁ	TUNJA	15/04/1962	15/12/1968

35075060	Climática Ordinaria	5.40	-73.53	3210	Activa	BOYACÁ	TUNJA	15/11/1997	
24030910	Pluviométrica	5.55	-73.33	2690	Suspendida	BOYACÁ	TUNJA	15/01/1923	15/06/1944
24030860	Pluviométrica	6.10	-72.87	2800	Activa	BOYACÁ	TUTAZÁ	15/08/1980	
24030650	Pluviométrica	6.03	-72.86	2833	Activa	BOYACÁ	TUTAZÁ	15/06/1974	
35075080	Climática Principal	5.39	-73.56	3398	Activa	BOYACÁ	VENTAQUEMADA	13/03/2005	
35070020	Pluviométrica	5.38	-73.60	2630	Activa	BOYACÁ	VENTAQUEMADA	15/03/1956	

La ubicación de las estaciones identificadas en Boyacá se observa en el siguiente mapa:

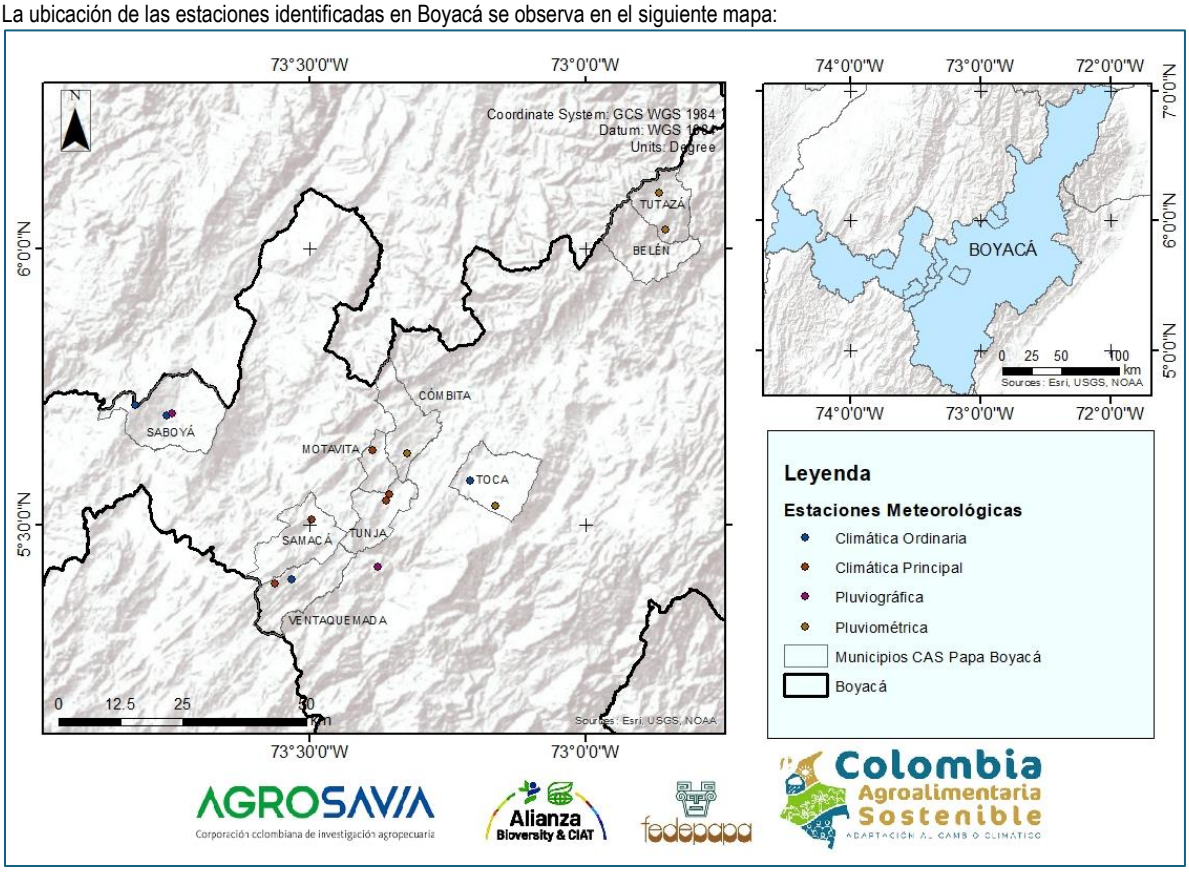


Figura 31. Localización estaciones hidrometeorológicas IDEAM para Boyacá

CUNDINAMARCA

Chipaque: posee 3 estaciones de categoría Pluviográfica, de las cuales 2 están activas (66.67%).

Cogua: cuenta con 3 estaciones de categoría Climática Principal, todas activas (100%). Tiene 1 estación de categoría Pluviográfica, que está suspendida (0%). También tiene 2 estaciones Pluviométricas, de las cuales 1 está activa (50%).

Pasca: dispone de 1 estación Agrometeorológica y 1 Climática Principal, ambas activas (100%). Posee 3 estaciones Pluviométricas, todas activas (100%).

Sibaté: cuenta con 2 estaciones de categoría Climática Principal, ambas activas (100%). Tiene 1 estación Meteorológica Especial, activa (100%). Dispone de 2 estaciones Pluviográficas, ambas activas (100%). También cuenta con 5 estaciones Pluviométricas, de las cuales 4 están activas (80%).

Subachoque: posee 2 estaciones de categoría Climática Principal, de las cuales 1 está activa (50%). Tiene 2 estaciones Meteorológicas Especiales, de las cuales 1 está activa (50%). También cuenta con 5 estaciones Pluviométricas, de las cuales 4 están activas (80%).

Tausa: dispone de 1 estación Climática Ordinaria, que está suspendida (0%). Tiene 1 estación Climática Principal, activa (100%). Cuenta con 4 estaciones Pluviográficas, de las cuales 3 están activas (75%). Además, tiene 5 estaciones Pluviométricas, de las cuales 2 están activas (40%).

Ubaté: posee 4 estaciones de categoría Climática Ordinaria, de las cuales 3 están activas (75%). Tiene 3 estaciones Pluviográficas, de las cuales 1 está activa (33.33%).
Une: tiene 1 estación Pluviométrica, que está suspendida (0%).
Villapinzón: cuenta con 2 estaciones de categoría Climática Principal, de las cuales 1 está activa (50%). Dispone de 1 estación Meteorológica Especial, suspendida (0%). Tiene 2 estaciones Pluviográficas, de las cuales 1 está activa (50%). Además, tiene 1 estación Pluviométrica, activa (100%).
Zipaquirá: posee 2 estaciones de categoría Climática Ordinaria, ambas activas (100%). Tiene 2 estaciones de categoría Climática Principal, de las cuales 1 está activa (50%). Cuenta con 1 estación Meteorológica Especial, suspendida (0%). Dispone de 6 estaciones Pluviográficas, de las cuales 2 están activas (33.33%). También tiene 1 estación Pluviométrica, activa (100%).
La siguiente tabla relaciona las estaciones encontradas en el departamento de Cundinamarca en los municipios involucrados dentro del proyecto CAS-Papa.

Tabla. Estaciones del departamento de Cundinamarca pertenecientes a la red hidrometeorológica de IDEAM

Código	Categoría	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)	Estado	Municipio	Fecha de instalación	Fecha de Suspensión
35020050	Pluviográfica	4.45	-74.05	2850	Activa	CHIPAQUE	15/01/1956	
35020260	Pluviográfica	4.42	-73.95	1575	Activa	CHIPAQUE	15/10/1966	
35020220	Pluviográfica	4.43	-74.03	2900	Suspendida	CHIPAQUE	15/05/1957	15/08/1959
2120500050	Climática Principal	5.16	-74.04	3046	Activa	COGUA	17/03/2018	
21200290	Pluviográfica	5.13	-73.98	3010	Suspendida	COGUA	15/08/1947	15/01/1955
21205410	Climática Principal	5.15	-73.98	3100	Activa	COGUA	15/05/1947	
21206580	Climática Principal	5.05	-73.98	2620	Activa	COGUA	15/03/2000	
21202130	Pluviométrica	5.07	-74.00	2650	Activa	COGUA	15/12/1997	
21200490	Pluviométrica	5.17	-74.00	3100	Suspendida	COGUA	15/04/1955	15/05/1963
21195190	Agrometeorológica	4.31	-74.31	2256	Activa	PASCA	26/08/2005	
21190460	Pluviométrica	4.35	-74.40	2240	Activa	PASCA	15/07/1997	
21190470	Pluviométrica	4.30	-74.23	3470	Activa	PASCA	15/07/1997	
24015508	Climática Principal	4.31	-74.28	3183	Activa	PASCA		
21195180	Pluviométrica	4.26	-74.31	2695	Activa	PASCA	14/06/2005	
21201310	Pluviométrica	4.47	-74.27	2650	Activa	SIBATÉ	15/03/1985	
21201910	Pluviométrica	4.47	-73.28	2700	Suspendida	SIBATÉ	15/05/1993	15/08/1998
21201920	Pluviométrica	4.45	-74.30	2750	Activa	SIBATÉ	15/05/1993	
21201320	Pluviométrica	4.51	-74.27	2640	Activa	SIBATÉ	15/03/1985	
21200510	Pluviográfica	4.52	-74.25	2618	Activa	SIBATÉ	15/05/1956	
21200600	Pluviográfica	4.43	-74.30	2800	Activa	SIBATÉ	15/09/1959	
21205519	Climática Principal	4.45	-74.27	721	Activa	SIBATÉ		
21206340	Meteorológica Especial	4.47	-74.37	2700	Activa	SIBATÉ	15/12/1987	
21201020	Pluviométrica	4.55	-74.28	2728	Activa	SIBATÉ	15/04/1970	
21205610	Climática Principal	4.55	-74.25	2565	Activa	SIBATÉ	15/07/1966	
21206030	Meteorológica Especial	4.92	-74.18	2650	Activa	SUBACHOQUE	15/02/1977	
21205960	Meteorológica Especial	4.94	-74.15	2650	Activa	SUBACHOQUE	15/02/1977	
21200410	Pluviométrica	4.87	-74.27	2600	Suspendida	SUBACHOQUE	15/07/1951	15/12/1969
21200760	Pluviométrica	4.90	-74.17	2640	Suspendida	SUBACHOQUE	15/03/1960	15/09/1969

	21205506	Climática Principal	5.03	-74.15	3	Activa	SUBACHOQUE		
	21200440	Pluviométrica	5.00	-74.13	2703	Activa	SUBACHOQUE	15/09/1951	
	21200710	Pluviométrica	4.83	-74.25	2606	Activa	SUBACHOQUE	15/08/1959	
	21205570	Climática Principal	4.85	-74.22	2590	Activa	SUBACHOQUE	15/06/1965	
	21201400	Pluviométrica	4.85	-74.27	2627	Suspendida	SUBACHOQUE	15/03/1965	15/12/1978
	21200550	Pluviométrica	4.87	-74.25	2725	Activa	SUBACHOQUE	15/01/1960	
	21201190	Pluviométrica	5.21	-73.91	3100	Activa	TAUSA	15/03/1985	
	21201180	Pluviométrica	5.18	-73.94	3	Activa	TAUSA	14/12/1954	
	21200280	Pluviográfica	5.18	-73.95	2950	Suspendida	TAUSA	15/06/1947	15/03/1955
	21200360	Pluviométrica	5.18	-74.03	3250	Suspendida	TAUSA	15/07/1949	15/07/1959
	21201380	Pluviográfica	5.17	-73.88	3150	Activa	TAUSA	15/08/1959	
	21201690	Pluviográfica	5.17	-73.87	2950	Activa	TAUSA	15/09/1986	
	21205518	Climática Principal	5.17	-74.02	2637	Activa	TAUSA		
	21200880	Pluviográfica	5.18	-74.00	3140	Activa	TAUSA	15/04/1955	
	21200330	Pluviográfica	5.18	-73.93	2950	Suspendida	TAUSA	15/01/1948	15/01/1973
	24015100	Climática Ordinaria	5.18	-73.90	3150	Suspendida	TAUSA	15/08/1958	15/06/1969
	23120190	Pluviométrica	5.23	-74.03	3477	Activa	TAUSA	15/12/1972	
	21201930	Pluviométrica	5.18	-73.94	3	Activa	TAUSA	14/02/1996	
	24015110	Climática Ordinaria	5.30	-73.85	2610	Activa	UBATÉ	15/03/1960	
	24011090	Pluviográfica	5.33	-73.79	2555	Suspendida	UBATÉ	15/05/1987	31/03/2010
	24011160	Pluviométrica	5.30	-73.82	2577	Activa	UBATÉ	14/09/2007	
	24015030	Climática Ordinaria	5.32	-73.82	2600	Suspendida	UBATÉ	15/04/1929	15/02/1958
	24015160	Climática Ordinaria	5.32	-73.78	2600	Suspendida	UBATÉ	15/03/1961	15/07/1968
	24015190	Climática Ordinaria	5.33	-73.78	2550	Activa	UBATÉ	15/12/1965	
	24011020	Pluviográfica	5.32	-73.82	3100	Suspendida	UBATÉ	15/03/1929	15/12/1961
	35020420	Pluviométrica	4.40	-74.02	2430	Activa	UNE	15/01/1947	
	21206950	Climática Principal	5.24	-73.53	2300	Activa	VILLAPINZÓN	18/07/2005	
	21201640	Pluviográfica	5.26	-73.59	2745	Activa	VILLAPINZÓN	15/05/1987	
	21200430	Pluviográfica	5.20	-73.60	2700	Activa	VILLAPINZÓN	15/07/1951	
	21205525	Climática Principal	5.23	-73.58	1468	Activa	VILLAPINZÓN		
	21206320	Meteorológica Especial	5.28	-73.60	2880	Activa	VILLAPINZÓN	15/03/1984	
	21200860	Pluviométrica	5.28	-73.58	2880	Suspendida	VILLAPINZÓN	15/12/1962	15/03/1984
	21206930	Climática Principal	5.09	-74.02	3257	Activa	ZIPAQUIRÁ	30/11/2004	
	21205910	Meteorológica Especial	4.99	-74.00	2600	Activa	ZIPAQUIRÁ	14/09/1976	
	21201060	Pluviográfica	5.04	-74.03	3160	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/01/1951	
	21206090	Climática Ordinaria	5.02	-74.02	2620	Suspendida	ZIPAQUIRÁ	15/01/1931	15/12/1954

	21205370	Climática Ordinaria	5.03	-74.03	3000	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/01/1957	
	21205524	Climática Principal	5.07	-74.06	2930	Activa	ZIPAQUIRÁ		
	21202140	Pluviométrica	5.12	-74.03	3200	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/09/1997	
	21201520	Pluviométrica	5.12	-74.03	3000	Suspendida	ZIPAQUIRÁ	15/01/1955	15/12/1958
	21200740	Pluviográfica	5.02	-74.00	2655	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/02/1960	
	21200370	Pluviográfica	5.03	-74.03	3000	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/01/1951	
	21200380	Pluviográfica	5.03	-74.03	3000	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/08/1950	
	21200260	Pluviográfica	5.07	-74.05	3062	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/06/1947	
	21201590	Pluviográfica	4.90	-74.00	2590	Activa	ZIPAQUIRÁ	15/06/1980	
	21205050	Climática Ordinaria	5.03	-74.00	2624	Suspendida	ZIPAQUIRÁ	15/02/1946	15/12/1955

La ubicación de las estaciones identificadas en Cundinamarca se observa en el siguiente mapa:

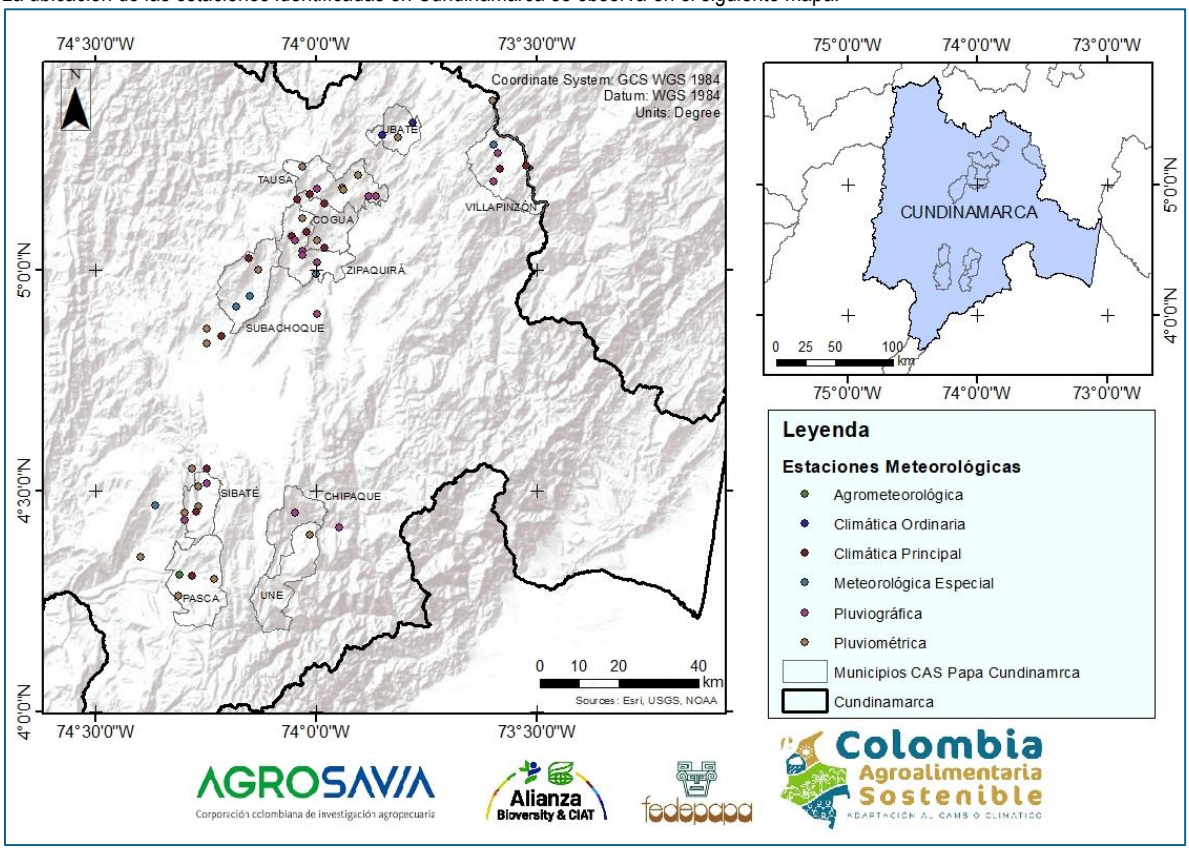


Figura 32. Localización estaciones meteorológicas IDEAM para Cundinamarca

NARIÑO

Aldana: cuenta con 1 estación de categoría Sinóptica Principal, que está activa (100%).

Cumbal: posee 1 estación de categoría Climática Principal, activa (100%). También tiene 2 estaciones de categoría Pluviométrica, ambas activas (100%).

Pasto: tiene 3 estaciones de categoría Agrometeorológica, todas activas (100%). Dispone de 5 estaciones de categoría Climática Ordinaria, de las cuales 2 están activas (40%). Cuenta con 6 estaciones de categoría Climática Principal, de las cuales 3 están activas (50%). Posee 3 estaciones de categoría Meteorológica Especial, de las cuales 1 está activa (33.33%). Hay 1 estación de categoría Pluviográfica, suspendida (0%). Además, tiene 8 estaciones de categoría Pluviométrica, de las cuales 3 están activas (37.50%).
Potosí: posee 1 estación de categoría Pluviométrica, activa (100%).
Sapuyes: tiene 1 estación de categoría Climática Ordinaria, suspendida (0%).
Tangua: cuenta con 3 estaciones de categoría Climática Principal, todas activas (100%). Dispone de 1 estación de categoría Pluviométrica, activa (100%).
Túquerres: tiene 1 estación de categoría Climática Principal, activa (100%). Además, cuenta con 2 estaciones de categoría Pluviométrica, de las cuales 1 está activa (50%).
La siguiente table relaciona las estaciones encontradas en el departamento de Cundinamarca en los municipios involucrados dentro del proyecto CAS-Papa

Tabla . Estaciones del departamento de Nariño pertenecientes a la red hidrometeorológica del IDEAM

Código	Categoría	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)	Estado	Municipio	Fecha de instalación	Fecha de Suspensión
52055220	Climática Principal	1.07	-77.64	3120	Activa	TÚQUERRES	1/03/2004	
52055210	Climática Principal	1.16	-77.28	2820	Activa	PASTO	1/03/2004	
52045080	Climática Ordinaria	1.23	-77.28	2626	Activa	PASTO	13/04/2004	
52050130	Pluviométrica	0.81	-77.85	3100	Activa	CUMBAL	15/07/1972	
5205500123	Climática Principal	1.05	-77.27	2973	Activa	PASTO	20/06/2017	
52055160	Climática Principal	0.85	-77.92	442	Activa	CUMBAL	16/12/2005	
52050190	Pluviométrica	0.82	-77.57	2746	Activa	POTOSÍ	15/06/1995	
52055230	Sinóptica Principal	0.86	-77.68	2961	Activa	ALDANA	6/11/1997	
5204500136	Agrometeorológica	1.16	-77.28	2820	Activa	PASTO	1/01/2001	
47015100	Climática Principal	1.16	-77.16	2830	Activa	PASTO	14/09/1984	
52045010	Agrometeorológica	1.20	-77.30	2710	Activa	PASTO	15/05/1953	
52045501	Meteorológica Especial	1.23	-77.29	2511	Activa	PASTO	1/12/2014	
52050110	Pluviométrica	0.91	-77.79	392	Activa	CUMBAL	15/01/1958	
47010230	Pluviométrica	0.99	-77.16	2719	Activa	PASTO	15/05/1989	
52050080	Pluviométrica	1.09	-77.39	2420	Activa	TANGUA	15/01/1957	
52050060	Pluviométrica	1.10	-77.30	364	Activa	PASTO	15/01/1965	
52050070	Pluviométrica	1.10	-77.60	3104	Suspendida	TÚQUERRES	15/01/1958	15/02/1987
52055090	Climática Principal	1.11	-77.39	2800	Activa	TANGUA	15/07/1987	
52055040	Agrometeorológica	1.16	-77.28	2820	Activa	PASTO	14/05/1979	
47010040	Pluviográfica	1.15	-77.12	2950	Suspendida	PASTO	15/05/1970	15/05/1989
52055080	Meteorológica Especial	1.20	-77.17	3200	Suspendida	PASTO	15/02/1986	15/05/1990
52040110	Pluviométrica	1.22	-77.27	2528	Suspendida	PASTO	15/06/1942	15/09/1970
52045060	Meteorológica Especial	1.22	-77.23	2800	Suspendida	PASTO	15/09/1984	15/04/1997
52055110	Climática Ordinaria	1.26	-77.28	2745	Suspendida	PASTO	15/02/2003	28/08/2015
52055100	Climática Ordinaria	1.03	-77.64	30	Suspendida	SAPUYES	15/04/1990	8/05/2006

52045070	Climática Ordinaria	1.20	-77.19	2850	Activa	PASTO	15/05/1990	
52055120	Climática Principal	1.03	-77.30	3087	Activa	TANGUA	8/09/2006	
52055180	Climática Principal	1.03	-77.30	3178	Activa	TANGUA	10/09/2006	
52055130	Climática Principal	1.10	-77.25	2872	Activa	PASTO	13/09/2006	
52050150	Pluviométrica	1.10	-77.62	3104	Suspendida	TÚQUERRES	15/04/1963	15/01/1969
52055190	Climática Principal	1.12	-77.26	2941	Activa	PASTO	21/04/2007	
47010130	Pluviométrica	1.13	-77.08	3780	Suspendida	PASTO	15/05/1946	15/10/1949
52055140	Climática Principal	1.18	-77.34	3390	Activa	PASTO	19/09/2006	
52055050	Climática Ordinaria	1.15	-77.12	2527	Suspendida	PASTO	15/06/1964	15/12/1967
51020030	Pluviométrica	1.17	-78.17	1369	Suspendida	IPIALES	15/04/1963	15/10/1968
52040120	Pluviométrica	1.22	-77.35	2470	Suspendida	PASTO	15/03/1930	15/11/1949
52040130	Pluviométrica	1.22	-77.28	2380	Suspendida	PASTO	15/01/1941	15/05/1966
52040140	Pluviométrica	1.22	-77.25	2492	Suspendida	PASTO	15/01/1924	15/11/1941
52040150	Pluviométrica	1.25	-77.28	2380	Suspendida	PASTO	15/01/1954	15/12/1958
52045050	Climática Ordinaria	1.25	-77.28	2380	Suspendida	PASTO	15/01/1958	15/02/1974
52040100	Pluviométrica	1.15	-77.15	2700	Suspendida	PASTO	15/01/1958	15/02/1966

La ubicación de las estaciones identificadas en Nariño se observa en el siguiente mapa:

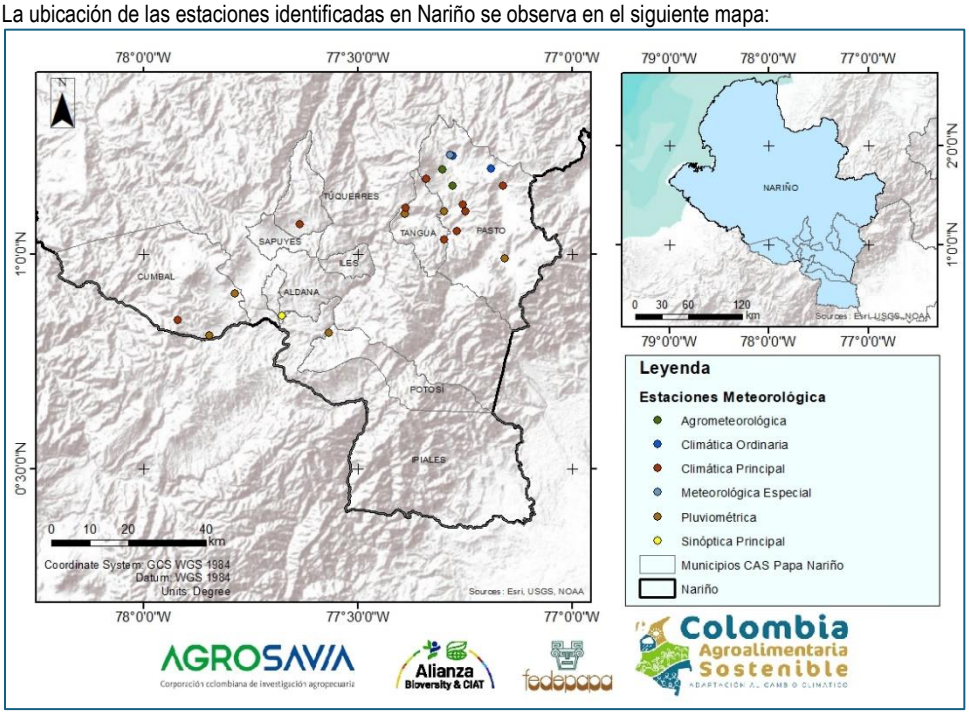


Figura 33. Localización estaciones meteorológicas IDEAM para Nariño

c) Diagnóstico de necesidades de información agroclimática para el cultivo de papa en las zonas priorizadas

Un de los objetivos apremiantes del proyecto, que en un futuro garantizará su éxito, es la comprensión de las necesidades de información agroclimática que los usuarios requieren en un contexto de crisis climática, para una búsqueda de escenarios con mayor sostenibilidad. Por ello, uno de los pasos esenciales del diseño centrado en las personas (DCP) o diseño centrado en el humano (DCH), metodología de

codesarrollo para la generación de herramientas digitales que el proyecto CAS en conjunto emplea como estrategia participativa, es la identificación de las personas con quienes se desea hablar (paso 3), en otras palabras, el grupo de usuarios donde se requiere la intervención. Este proceso es crítico, debido que abarca cuestiones de género, étnicas y socioeconómicas; en este punto, es necesario contar con participantes que representen esas visiones extremas o de umbral, ya que estos ayudan a identificar esas necesidades no manifiestas, que los participantes en general no dan a conocer, lo que facilita la inclusión de amplitud de perspectivas que serán de utilidad para la lluvia de ideas que finaliza con el proceso.

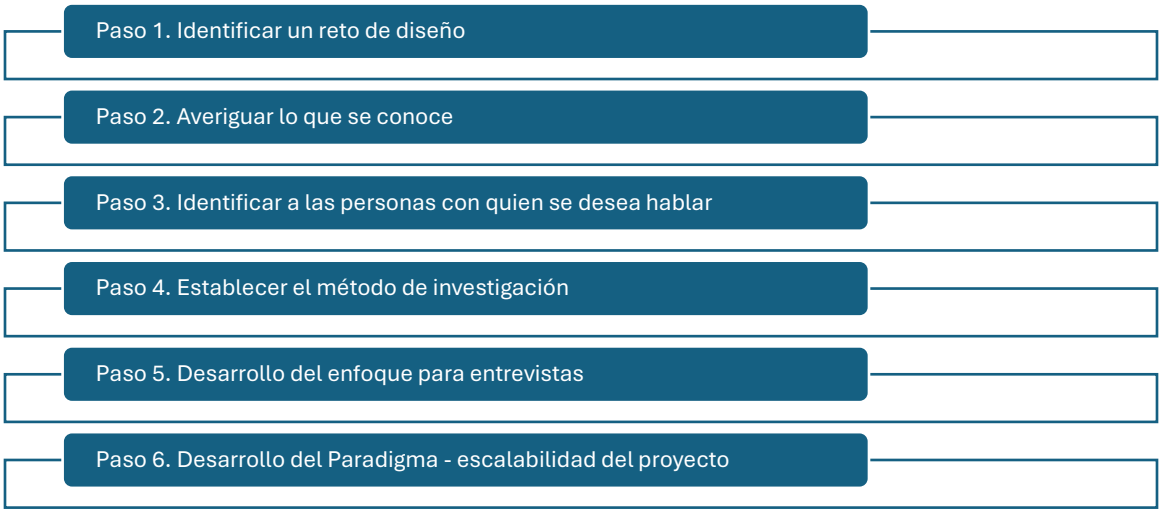


Figura 34. Pasos Metodología DCP. Fuente: Kit de herramientas IDEO

Para el logro del propósito, se realizó una revisión preliminar de información de organizaciones en los departamentos de mayor producción de papa. En una primera parte, la información reportada por las evaluaciones agropecuarias municipales – EVA del año 2022, los departamentos más productores de papa en su orden son: Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. En el caso de Cundinamarca, presentó un área sembrada de 58.921,04 ha, con una producción total de 1.310.663,25 ton, con una participación nacional del 37,63%; Boyacá contó con 43.525,60 ha de área sembrada, con una producción 907.602,90 ton equivalente al 27,12%; Nariño tuvo un área sembrada de 38.015,50 ha, con una producción total de 862.058,98 ton, lo que equivale al 23,68%; finalmente, Antioquia tuvo una participación del 4.29%, que representó una producción de 152.783,73 ton para un área total sembrada de 6.881,36 ha. Es evidente, que la participación en la producción total del país está concentrada en el Altiplano Cundiboyacense (por encima del 60%), lo cual permite concluir que gran parte de la actividad papera se concentra en esta subregión. En tal sentido, la selección de los municipios para los cuales el proyecto es objeto de impacto se observa en la tabla siguiente, donde se destaca que 19 de los 33 municipios se localizan en el Altiplano Cundiboyacense, 9 en el departamento de Nariño y 5 en el departamento de Boyacá

Municipios de influencia para el proyecto CAS - Papa

COD_DEPARTAMENTO	COD_MUNICIPIO	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN_KM2
5	148	CARMEN DE VIBORAL	ANTIOQUIA	439,53
5	400	LA UNIÓN	ANTIOQUIA	172,33
5	674	SAN VICENTE	ANTIOQUIA	217,93
5	697	SANTUARIO	ANTIOQUIA	77,21
5	756	SONSÓN	ANTIOQUIA	1345,89
15	87	BELÉN	BOYACÁ	163,11
15	204	CÓMBITA	BOYACÁ	145,29
15	476	MOTAVITA	BOYACÁ	59,81
15	632	SABOYÁ	BOYACÁ	243,96
15	646	SAMACÁ	BOYACÁ	170,99
15	814	TOCA	BOYACÁ	169,66
15	1	TUNJA	BOYACÁ	119,81
15	839	TUTAZÁ	BOYACÁ	121,81
15	861	VENTAQUEMADA	BOYACÁ	157,83
25	178	CHIPAQUE	CUNDINAMARCA	150,17
25	200	COGUA	CUNDINAMARCA	133,44

25	535	PASCA	CUNDINAMARCA	252,07
25	740	SIBATÉ	CUNDINAMARCA	122,18
25	769	SUBACHOQUE	CUNDINAMARCA	209,01
25	793	TAUSA	CUNDINAMARCA	202,87
25	843	UBATÉ	CUNDINAMARCA	102,63
25	845	UNE	CUNDINAMARCA	210,70
25	873	VILLAPINZÓN	CUNDINAMARCA	225,63
25	899	ZIPAQUIRÁ	CUNDINAMARCA	193,39
52	22	ALDANA	NARIÑO	47,57
52	227	CUMBAL	NARIÑO	918,57
52	352	ILES	NARIÑO	80,46
52	356	IPIALES	NARIÑO	1550,22
52	1	PASTO	NARIÑO	1076,38
52	560	POTOSÍ	NARIÑO	376,60
52	720	SAPUYES	NARIÑO	115,10
52	788	TANGUA	NARIÑO	218,22
52	838	TÚQUERRES	NARIÑO	217,15

En la figura a continuación se puede observar de forma detallada la localización de cada uno de los municipios a nivel departamental. En el caso de Antioquia, se observa que los municipios productores de papa se concentran en la región de Oriente, mientras que, para el caso de Cundinamarca y Boyacá, se localizan a lo largo del Altiplano Cundiboyacense. Para el caso del departamento de Nariño, los municipios se ubican a lo largo de tres subregiones: Centro, Sabana y Obando.

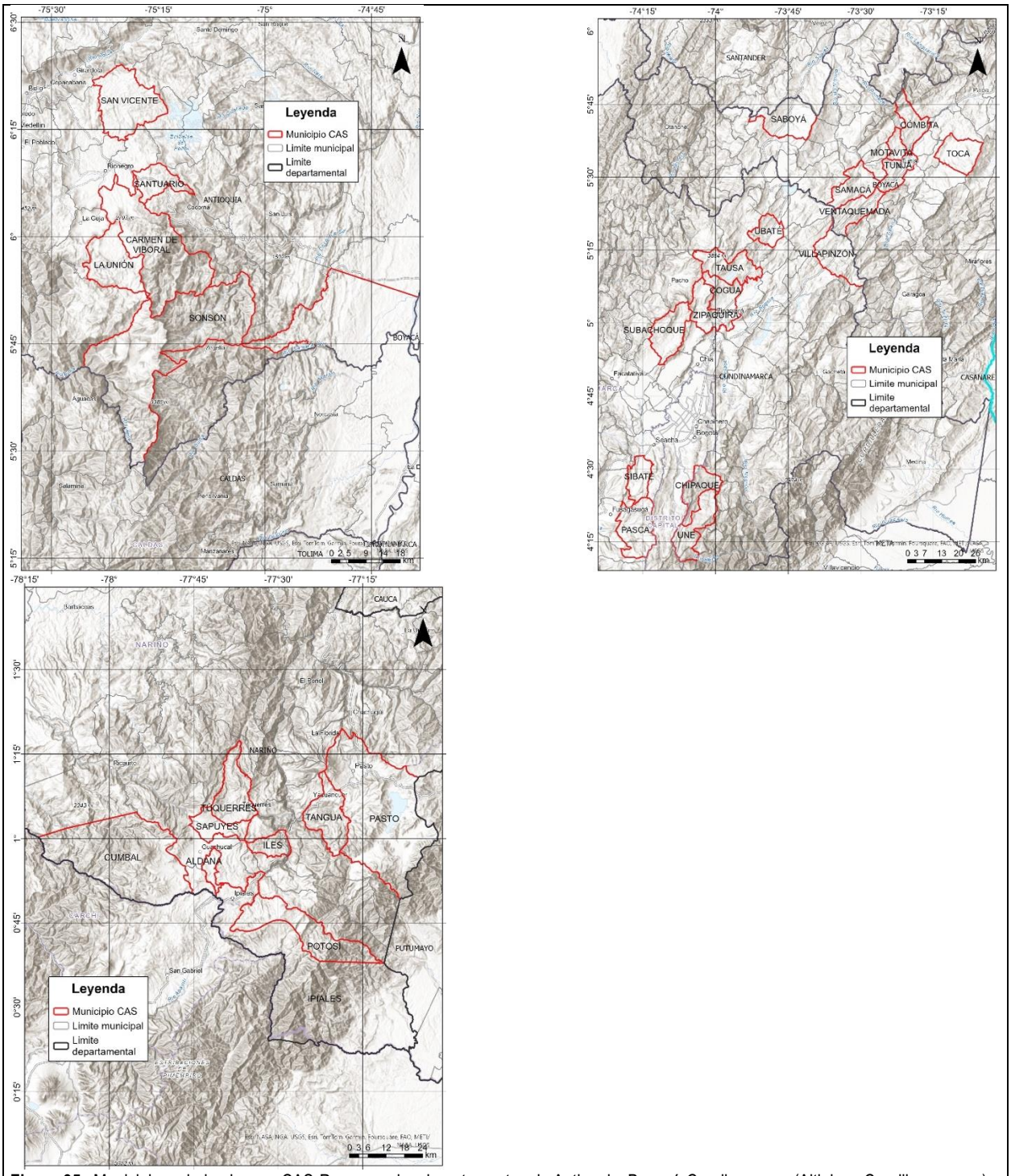


Figura 35. Municipios priorizados por CAS-Papa para los departamentos de Antioquia, Boyacá-Cundinamarca (Altiplano Cundiboyacense) y Nariño

Como parte de una aproximación inicial para la recopilación de las necesidades de información, se realizó una consulta preliminar de organizaciones productoras de papa, a partir de datos consolidados por el Plan Semilla 2024 de AGROSAVIA sobre grupos asociativos, para tres departamentos con mayor producción de papa, arrojando lo siguiente:

Resumen con número de organizaciones y/o asociaciones para el sistema productivo de papa por departamento

Grupos de organizaciones y/o asociaciones sector productivo papa			
Boyacá	**Cundinamarca**	**Nariño**	**Antioquia**
80	28	33	N/D

De forma general, el departamento de Boyacá cuenta con el mayor número de organizaciones, 80 en total, mientras Cundinamarca y Nariño cuentan con 28 y 33 respectivamente, por lo cual es un número bajo en contraste con el área sembrada y la producción total. En el caso del departamento de Antioquia, aún no se cuenta con información consolidada donde se pueda distinguir el número de organizaciones.

LIMITANTE: la información aquí plasmada es preliminar, a la espera una actualización de cifras con información proporcionada por el gremio correspondiente en próximos reportes; más sin embargo, se optará para que la nueva fase incorpore un instrumento de recolección de información directamente desde las secretarías de agricultura y/u oficinas de extensión de cada uno de los 33 municipios. Cabe destacar que dentro de estas las cifras se incluyen los 33 municipios que serán impactados por el proyecto en los diferentes departamentos.

d) Información disponible para análisis de riesgo agroclimático de heladas, exceso y déficit hídrico e indicadores

Se debe recordar que el IPCC define el riesgo como "el potencial de que se produzcan consecuencias adversas por las cuales algo de valor está en peligro y en las cuales un desenlace o la magnitud del desenlace son inciertos". Por ello, cuando se analiza el riesgo desde el componente agroclimático, la lógica aborda la problemática desde la caracterización de las diferentes amenazas de índole climático, la susceptibilidad a excesos y deficiencias de agua en el suelo, y la identificación de áreas con bajo riesgo agroclimático para el sistema productivo de papa.

En tal sentido, de forma preliminar se adelantó la revisión de información como insumo para la generación del análisis de riesgo agroclimático a través de la siguiente información:

Información disponible para análisis de riesgo agroclimático

TEMÁTICA	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	ALCANCE/ESCALA	FUENTE
CLIMA	PRECIPITACIÓN	Series climáticas de precipitación (lluvia) provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/DIARIA	IDEAM
			NACIONAL/MENSUAL	
		Series climáticas de precipitación (lluvia) provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 - 2011	REGIONAL/DIARIA	AGROSAVIA
			REGIONAL/MENSUAL	
	TEMPERATURA	Series climáticas de temperatura (Máxima, Media y Mínima) provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/DIARIA	IDEAM
		Series climáticas de temperatura (Máxima media, Media y Mínima media) provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/MENSUAL	
		Series climáticas de temperatura (Máxima, Media y Mínima) provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 - 2011	REGIONAL/DIARIA	AGROSAVIA
		Series climáticas de temperatura (Máxima media, Media y Mínima media) provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 - 2011	REGIONAL/MENSUAL	
	HUMEDAD RELATIVA	Series climáticas de humedad relativa provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/DIARIA	IDEAM

		Series climáticas de humedad relativa provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/MENSUAL	
		Series climáticas de humedad relativa provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 – 2011	REGIONAL/DIARIA	AGROSAVIA
		Series climáticas de humedad relativa provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 - 2011	REGIONAL/MENSUAL	
	BRILLO SOLAR	Series climáticas de brillo solar provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/DIARIA	IDEAM
		Series climáticas de brillo solar provenientes de la red hidrometeorológica de IDEAM	NACIONAL/MENSUAL	
		Series climáticas de brillo solar provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 – 2011	REGIONAL/DIARIA	AGROSAVIA
		Series climáticas de brillo solar provenientes del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA, periodo 1980 - 2011	REGIONAL/MENSUAL	
	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA	Cobertura geográfica de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) proveniente del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática – MAPA.	NACIONAL/1:100.000	AGROSAVIA
	HELADAS	Cobertura geográfica de riesgo a heladas	NACIONAL/1:100.000	IDEAM
SUELOS	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO	Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamentales	NACIONAL/1:100.000	IGAC
AGROCLIMÁTICO	SUSCEPTIBILIDAD	Cobertura geográfica de susceptibilidad a exceso de agua en el suelo	REGIONAL/1:100.000	AGROSAVIA
		Cobertura geográfica de susceptibilidad a deficiencias de agua en el suelo		
		Cobertura geográfica de frecuencia de exceso de agua en el suelo		
		Cobertura geográfica de frecuencia de deficiencia de agua en el suelo		
	ZONIFICACIÓN	Cobertura geográfica de aptitud agroclimática para los municipios de de Silos (Norte de Santander) – Yacuanquer (Nariño)	MUNICIPAL/1:100.000	
FISICO	PAISAJE	Cobertura geográfica de unidad de paisaje	NACIONAL/1:100.000	IGAC
	ELEVACION	Modelo Digital de Elevación (MDE) – ALOS PALSAR	GLOBAL/12.5 METROS	NASA

	SUSCEPTIBILIDAD	Cobertura geográfica con la susceptibilidad a deslizamientos	NACIONAL/1:100.000	IDEAM
	EVALUACIÓN DE TIERRAS	Cobertura geográfica con la aptitud para el cultivo comercial de papa – primer y segundo semestre	NACIONAL/1:100.000	UPRA

De otro lado, de forma preliminar se realizó la identificación de posibles fuentes de información a nivel regional, nacional y global, como punto de partida para la consolidación de un repositorio, como se muestra en la siguiente tabla:

Principales plataformas para la descarga de información climática y física.

PLATAFORMA	RESOLUCIÓN ESPACIAL	RESOLUCIÓN TEMPORAL	COBERTURA TEMPORAL	COBERTURA ESPACIAL	VARIABLES CLAVE	APLICACIONES PRINCIPALES
CHIRPS	0.05° (~5.5 km)	Diaria, decadal, mensual	1981-presente	50°N a 50°S (Global terrestre)	Precipitación acumulada (mm).	"Monitoreo de sequías, modelos agroclimáticos, análisis hidrológicos."
NASA POWER	0.5° (~55 km)	Diaria, mensual	1981-presente	Global	"Radiación solar, temperatura (máxima, mínima y promedio), precipitación, humedad relativa, viento, ET_0."	"Diseño de sistemas de energía renovable, planificación agrícola, estudios de cambio climático."
AgERA5	0.1° (~11 km)	Horaria, diaria, mensual	1979-presente	Global	"Temperatura (aire y suelo), radiación solar, humedad relativa, precipitación, ET_0, viento."	"Modelos agrícolas, gestión de riesgos agroclimáticos, estudios de variabilidad climática."
TerraClimate	0.05° (~5 km)	Mensual	1958-presente	Global (excluye regiones polares)	"Precipitación, temperatura (máxima y mínima), balance hídrico, humedad del suelo, evapotranspiración, índices de sequía."	"Análisis de balance hídrico, estudios de cambio climático, evaluación de recursos hídricos."
GLOSIS	30 arcsecond	-	-	Global	Carbón orgánico, pH, capacidad de almacenamiento de agua, profundidad efectiva, entre otras …	Cambio climático, evaluación de recursos del suelo, erosion.
DHIME – IDEAM	Área de influencia de estaciones meteorológicas	Diario	1940 – presente	Nacional	Variables hidrometeorológicas	Información hidrometeorológica para estudios ambientales
Colombia en mapas – IGAC	1:10.000 hasta 1:500.000 (depende la temática)	-	-	Nacional	Información básica y temática a nivel biofísico	Estudios de análisis biofísico a nivel nacional
SIPRA – UPRA	1:100.000	-	-	Nacional	Áreas de aptitud para diferentes cultivos	Estudios de análisis biofísico a nivel nacional

SE MAPA – AGROSAVIA	1:100.000	-	-	Regional	Áreas de bajo riesgo agroclimático para Silos (Norte de Santander), Yacuanquer (Nariño). Información climática a nivel especial	Estudios de análisis biofísico a nivel nacional
IRAKA – AGROSAVIA	1:100.000	-	-	Regional	Mapeo digital de suelos para once variables de tipo físico y químico	Estudios de análisis biofísico a nivel del Altiplano Cundiboyacense

Conclusiones

- Se emplazaron dos estaciones meteorológicas automáticas en fincas productoras de los municipios de Villapinzón (Cundinamarca) & Toca (Boyacá). A pesar del emplazamiento, no se cuenta con evidencias de información ya que la actividad fue asumida por FEDEPAPA, quienes argumentan que aún no se tienen las responsabilidades en el desarrollo de la plataforma, por lo cual no se tiene acceso a la información.
- Se realizó el inventario final de información de la red hidrometeorológica del IDEAM en los treinta y tres municipios de influencia del proyecto CAS-PAPA. Todos los municipios cuentan con al menos una estación meteorológica de diferente tipología.
- Se estableció de forma preliminar un número de organizaciones de acuerdo con datos consolidados de plan semilla de AGROSAVIA.
- Se tienen al menos 25 fuentes de información climática, suelos, agroclimática y física para el análisis de riesgo agroclimático. Tal información proviene de al menos cinco plataformas o fuentes nacionales, lo cual permite que pueda complementarse con las cinco plataformas de información a escala global.

Recomendaciones - Pasos a seguir

- Luego del emplazamiento de las estaciones meteorológicas automáticas por parte de FEDEPAPA, se debe realizar una evaluación de la calidad de la información, de acuerdo a los lineamientos contenidos en este reporte, así como la selección de nuevos lugares de emplazamiento para otras estaciones meteorológicas.
- Se debe avanzar en un instrumento de recolección de información de forma directa con Secretarías de Agricultura y Oficina de Extensión Municipal, para la identificación de organizaciones en los municipios priorizados
- Se generar el esquema inicial de la base de datos para el almacenamiento de información climática, agroclimática, suelos y física, con el objetivo de evaluar a través de indicadores concretos la calidad de información para el análisis de riesgo agroclimático, de manera que en la medida de las necesidades, ser suplidas por fuentes de información global.

Evidencias – Anexo 1 PAPA

Tabla 30. Documentos de investigación: Avance en protocolo con diseño experimental para la calibración del modelo DSSAT para papa.

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF PAPA
Actividad 1.4. Generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático (C1)
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Esta actividad busca generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 1.4.2 Desarrollar e implementar nuevos métodos para la calibración de modelos de simulación (por ejemplo, grupos de variedades genéricas), así como protocolos para la captura de datos durante las evaluaciones experimentales (es decir, grupo de mejoramiento de cultivos y monitoreo de cultivos). Establecimiento de parcelas experimentales para recopilar información útil para la calibración de modelos.
Antecedentes
En el informe de agosto de 2024 se presentó la ruta de trabajo conciliada para el cumplimiento de los compromisos comprometidos en la vigencia del primer año. En informe de Octubre, una revisión de modelos disponibles para papa en la plataforma DSSAT, ejercicio de comparación en donde se describen ventajas y desventajas. Además, se presentó la propuesta inicial de diseño experimental para 5 variedades/genotipos de papa y protocolo base para la calibración del modelo, además, el plan de trabajo para la capacitación a cargo del Dr. Guillermo Baigorria, para el equipo de trabajo de la alianza del C1-papa.
Metodología
Con el objetivo de continuar con el ajuste del protocolo para la calibración del modelo de papa a través de la plataforma DSSAT, se capacitó a un equipo de investigadores de la alianza del proyecto Colombia Agroalimentaria y Sostenible (CAS) en el uso de Decision Support Systems for Agrotechnology Transfer (DSSAT). Para tal fin se realizó un curso en calibración y validación de DSSAT, el cual fue impartido de forma presencial por el Doctor Guillermo Baigorria[12] de Perú, durante las semanas comprendidas entre el 28 de octubre al 1 de noviembre en las instalaciones del C.I Tibaitatá en Mosquera Cundinamarca y del 25 al 29 de noviembre en el C.I La Selva en Rionegro Antioquia. El investigador Guillermo Baigorria es un experto en el campo de la climatología aplicada y la modelación agrícola. Su trabajo se ha enfocado en el desarrollo de herramientas y tecnologías para ayudar a los agricultores y planificadores en la toma de decisiones informadas sobre la producción de cultivos, basándose en variables climáticas, edáficas y de manejo. Es mundialmente reconocido por su contribución al desarrollo y uso del DSSAT, una de las plataformas más avanzadas en el mundo para simular el crecimiento y el desarrollo de los cultivos. DSSAT permite a los usuarios evaluar diversas estrategias de manejo agrícola bajo diferentes escenarios climáticos, edáficos y de disponibilidad de agua, con el objetivo de mejorar la productividad agrícola y reducir los riesgos asociados a los cambios climáticos.

[12] https://ctivitae.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?id_investigador=14533

Objetivos planteados en el desarrollo del curso fueron:

- Capacitar a los asistentes en la preparación de bases de datos de clima, suelos, genética y manejo agrícola para el modelo DSSAT
- Capacitar a los asistentes en la corrida de modelos e interpretación de sus resultados
- Capacitar a los asistentes y dar soporte en la calibración y validación de los modelos de papa para las condiciones de Colombia.
- Dar soporte al proyecto en las simulaciones del software de DSSAT.

1.1. Primera sesión

Con el fin de contextualizar al instructor del curso de DSSAT sobre el proyecto Colombia Agroalimentaria y Sostenible (CAS) y en especial sobre el sistema productivo papa en Colombia, se inició la jornada de trabajo con una presentación realizada por el Investigador Fabio Martínez, quien de forma breve describió los objetivos planteados en el componente 1 papa y las generalidades en cuanto al manejo del cultivo en las principales zonas paperas del país.

Para la primera sesión realizada en el centro de experiencias del C.I Tibaitatá, se contó con 18 participantes que asistieron al curso en jornadas completas de lunes a viernes de 8 am a 4 pm, en clases de tipo teóricas y prácticas en las que se desarrollaron temáticas como:

- Introducción a bases del modelamiento con énfasis en la incertidumbre de los resultados y la elaboración de resultados probabilísticos.
- Estructura de inputs y outputs de DSSAT y de sus files.
- Preparación de datos de clima, suelos, genética y manejo en DSSAT.
- Como correr el modelo y generación de escenarios
- Desarrollo de cultivos: Grados día acumulados
- Software Weatherman
- Creación de los files de tiempo y clima para DSSAT
- Pronostico categórico
- Descripción de los parámetros de suelos requeridos por DSSAT
- Importancia de la parametrización de suelos al usar los modelos de cultivos
- Importancia de la parametrización de los coeficientes genéticos de cultivos de DSSAT
- El X-File de DSSAT
- El ATCreate de DSSAT
- Evaluación del efecto de cambio climático en la producción agrícola
- Incertidumbres y consideraciones de las proyecciones a futuro de la producción agrícola
- Agricultura digital para optimizar la toma de decisiones en el manejo de cultivos.

Durante el desarrollo de las clases se trabajó con artículos científicos relacionados al trabajo de modelamiento que se desarrollara en el proyecto, datos de clima, suelos, coeficientes genéticos y X-Files para el desarrollo de ejercicios prácticos.

Al final de la jornada se llevó a cabo un conversatorio de retroalimentación de las temáticas desarrolladas durante la semana de trabajo y se acordaron los puntos a desarrollar en la segunda sesión del curso, decidiendo que este

se enfocaría completamente a lo práctico, utilizando datos reales de la zona del proyecto para iniciar a crear bases de datos de clima, suelo, coeficientes genéticos y manejo del cultivo.

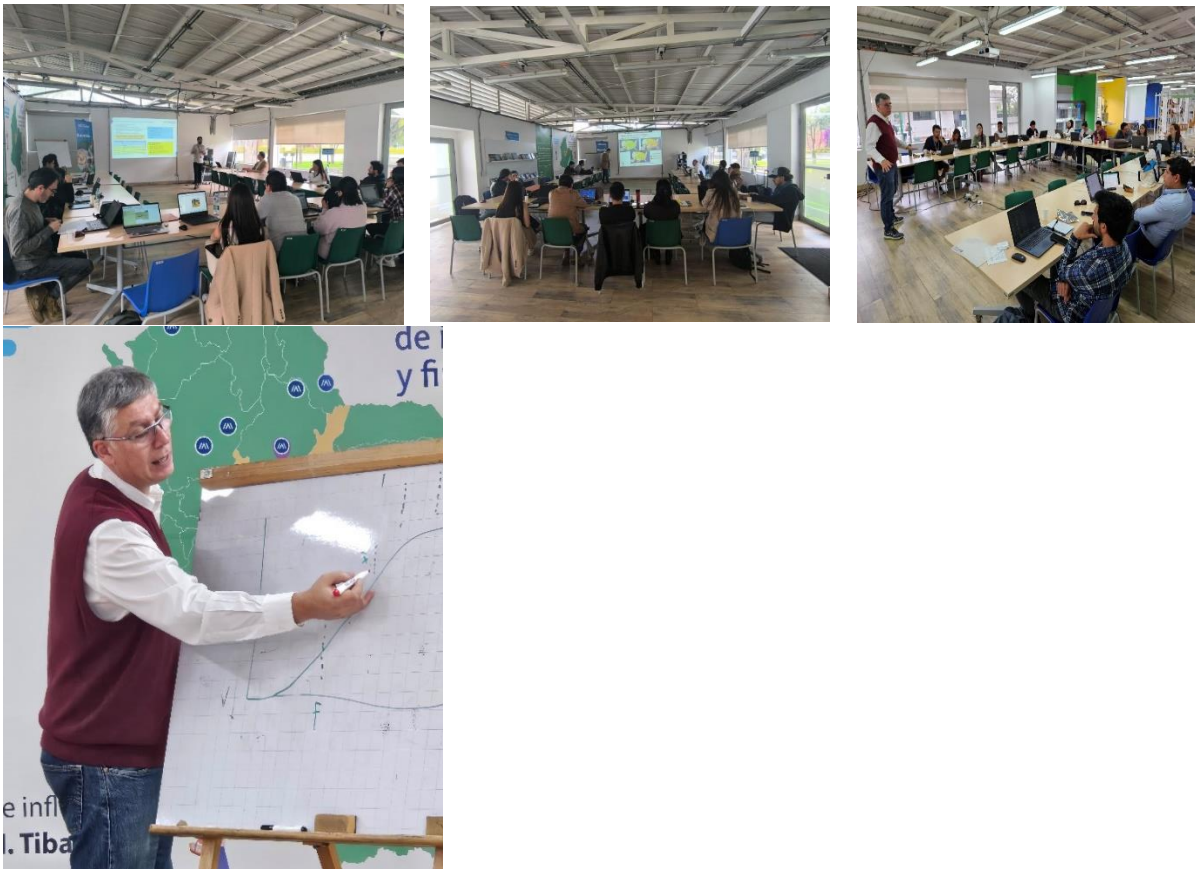


Figura 36.. Jornadas de trabajo primera sesión curso DSSAT

A partir del desarrollo del curso, la oficina de comunicaciones de Agrosavia genero una nota de prensa: "Investigadores colombianos se capacitan en modelamiento de cultivos para enfrentar el cambio climático en el sector papero" https://www.agrosavia.co/noticias/investigadores-colombianos-se-capacitan-en-modelamiento-de-cultivos-para-enfrentar-el-cambio-climático-en-el-sector-papero/

Segunda sesión.
Para el desarrollo de la segunda sesión del curso DSSAT Decision Support System for Agrotechnology Transfer v 4.8 (DSSAT) llevada a cabo en la semana comprendida entre el lunes 25 y el viernes 29 de noviembre del 2024 en el C.I La selva, en Rionegro Antioquia se contó con la asistencia de 20 participantes, enfocando las clases 10% a teoría y el 90% a la práctica. Para esta ocasión el objetivo principal del curso fue correr el modelo DSSAT con datos reales de Colombia con el propósito de tener un entrenamiento real del uso del modelo.
La temática que se desarrolló fue: Método y formatos de sistematización de datos de experimentos de campo.

- Sistematización de datos meteorológicos diarios de estaciones meteorológicas en los formatos

DSSAT de tres localidades de Colombia.

- Sistematización de datos de perfiles de suelos en formatos DSSAT para tres localidades de Colombia.
- Sistematización los datos de observaciones de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa de tres experimentos de campo.
- Sistematización de datos de manejo de cultivo en formatos DSSAT para tres localidades de Colombia.
- Detección y corrección de errores en los archivos de clima, suelos, manejo, y de datos observados de crecimiento y desarrollo.
- Correr el modelo con datos reales de Colombia
- Calibración de los coeficientes de cultivo de una variedad de papa Colombiana.

En el transcurso de esta sesión el doctor Baigorria presento el formato de sistematización de datos de experimentos en campo, el cual se discutió con el grupo de trabajo con el propósito de actualizarlo de acuerdo con las condiciones de Colombia y posteriormente se entregó a los participantes del curso (Anexo 1.4.2).

Todos los datos utilizados en las clases fueron proporcionados por los participantes del curso para así asegurar que los datos fuesen en formatos específicos de condiciones de Colombia y que, de esta manera, durante la ejecución del proyecto, los participantes ya tuviesen la experiencia con esos formatos y no tengan ningún problema en la ejecución de sus labores de sistematización de información y modelamiento durante el proyecto.

Como es normal, se presentaron varios errores durante la sistematización de la información; sin embargo, después del proceso de detección y eliminación de errores, los asistentes lograron exitosamente corregir los problemas y correr el modelo para condiciones de Colombia. De igual manera, se desarrolló un ejercicio de calibración para la variedad Diacol Capiro a partir de datos generados en experimentos de Agrosavia entre 2020 y 2022.

La jornada finalizo con una salida de campo al municipio de la Unión Antioquia, reconocido por sus zonas dedicadas a la producción de papa, con el fin de conocer de cerca las diferentes condiciones de manejo de cultivo que podrían tenerse en cuenta al momento de tomar las variables en campo que alimentaran el modelo DSSAT, se visitó la finca Los Helechos del señor Yesid Valencia Orozco, ubicada en la vereda San Juan, en la cual se encontró lotes de papa de las variedades Diacol Capiro y Criolla Colombia.

AGROSAVIA
Día del Talento

Figura 37. Registro fotográfico, segunda sesión curso DSSAT

Resumen ejecutivo

El presente informe contiene los resultados del primer acercamiento a un procedimiento estandarizado y reproducible para la calibración de los modelos de cultivo de papa en la plataforma DSSAT, garantizando la precisión y confiabilidad de las simulaciones, así como la conformidad con los estándares internacionales y normativas vigentes, con el fin de optimizar la exactitud y consistencia de los resultados en estudios de modelación agrícola y toma de decisiones agronómicas. Se muestra el ejemplo de calibración con datos reales experimentales tomados por investigadores de Agrosavia entre 2020 y 2022 como un primer ejercicio realizado en el marco del curso de capacitación DSSAT. Se establecieron estándares para la sistematización de datos necesarios para el modelo DSSAT, incluyendo clima, suelos, manejo agronómico y coeficientes genéticos. Adicionalmente, Se calibraron preliminarmente coeficientes genéticos para la variedad Diacol Capiro, ajustando datos reales a funciones logísticas para modelar crecimiento y desarrollo del cultivo. Se realizaron dos sesiones presenciales lideradas por el Dr. Guillermo Baigorria, experto en modelación agrícola: **Primera sesión**: En el CI Tibaitatá, enfocada en conceptos teóricos y prácticos del DSSAT, como preparación de datos climáticos, edáficos, genéticos y de manejo.
Segunda sesión: En el CI La Selva, orientada hacia ejercicios prácticos con datos reales para calibración de modelos y simulaciones del cultivo de papa (Diacol capiro) en tres localidades colombianas (Facatativá, Tenjo y Subachoque).

Se incluyó una visita de campo en Antioquia para conocer condiciones de manejo agrícola que alimentarán las bases de datos del modelo.

Descripción

Avances en la calibración en Variedad Diacol Capiro en la plataforma DSSAT

Durante dos sesiones del curso DSSAT se exploraron las capacidades de la plataforma para modelar papa en Colombia. Se realizó una introducción al modelo DSSAT, con el objetivo de comprender sus componentes y su aplicación en la simulación de cultivos, el alcance de DSSAT en el contexto de la agricultura de precisión y la toma de decisiones en la gestión de cultivos y se conocieron las versiones más recientes del modelo y su interacción con bases de datos climáticas y de suelos. Se valuaron las capacidades del DSSAT en simulación de cultivos, explorando cómo simula el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos bajo diversas condiciones ambientales, de manejo agrícola y de suelo; como puede usarse para predecir el rendimiento de cultivos en función de diferentes prácticas agrícolas y escenarios climáticos futuros. Durante las sesiones se revisaron los componentes básicos del DSSAT: interfaz, módulos y archivos de entrada. Se realizaron ejercicios para la preparación de los datos de entrada para la simulación (datos climáticos, de suelo, y parámetros del cultivo). Se realizaron ejercicios de simulación de en un escenario específico, ajustando parámetros de manejo como la densidad de siembra, tipo de fertilización y prácticas de riego y se analizaron los resultados de la simulación, interpretando los outputs generados (rendimiento, biomasa, fases de crecimiento, etc.).
Mediante ejercicios prácticos se prepararon conjuntos propios de datos de clima y suelos para el cultivo de papa, usando el modelo Substor usando datos obtenidos en 3 sistemas de producción de papa variedad Diacol capiro, en 3 localidades de la sabana de Bogotá: 1. Facatativá, modelo bajo riego deficitario; 2. Tenjo, modelo en secano y 3. Subachoque, modelo bajo riego óptimo.

Descripción de los ensayos de los cuales provinieron los datos para realizar la calibración:

Los datos para la calibración fueron tomados de cultivos ubicados en un paisaje de llanura fluvio-lacustre originado por el azolvamiento de un antiguo lago que ocupó diferentes depresiones tectónicas formadas en el proceso de levantamiento de la cordillera oriental. Los suelos tienen influencia de cenizas volcánicas de los cuerpos volcánicos de la cordillera central y corresponden predominantemente a los órdenes Andisol, Inceptisol y Vertisol (Servicio-USDA, 2014). Los suelos del relieve de terrazas generalmente tienen una profundidad mayor a un metro, sin embargo, en los relieves de pantanos y valles en descomposición, los suelos poco profundos están limitados por el nivel freático. En todos los sitios de estudio, un paisaje plano donde los suelos tienen textura isomésica y el material parental son depósitos medianos y cenizas volcánicas, y la densidad aparente es menor a 1 g cm-3. Predomina una temperatura media anual de 12 a 14 °C y una oferta anual de precipitaciones entre 500 y 1000 mm distribuidos de forma bimodal. Los periodos junio-agosto y diciembre-febrero son los de menor precipitación (Martínez-Maldonado et al., 2021a).

Modelo productivo 1 - Facatativá, Riego deficitario: se realizó en un lote comercial de 9,5 hectáreas ubicado en el Municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia (4.80371, -74.28883, ∼2573 m sobre el nivel del mar) bajo un sistema de aspersión tipo cañón. La fecha de siembra fue el 27 de febrero de 2020, presenta una textura franco-limosa (L-F) con un 13,0% de materia orgánica, una capacidad de carga volumétrica del 49,0%, un punto de marchitamiento permanente volumétrico del 36,0% (PWP a 15 bar) y una densidad aparente de 0,60 g cm-3. En este caso, el agricultor programó una aplicación semanal de una capa de agua de 20 mm mediante un sistema de riego por cañón, exclusivamente durante los períodos en que el desarrollo del cultivo era más susceptible al estrés hídrico, específicamente durante las etapas de crecimiento vegetativo y tuberización. Esta programación se realizó sin analizar el estado hídrico del suelo, las condiciones meteorológicas o las necesidades específicas del cultivo en su respectiva fase de desarrollo. El resultado fue una estrategia de gestión del agua menos eficaz.

Modelo productivo 2 Tenjo – secano: se realizó en un lote de 6 hectáreas ubicado en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, Colombia (4.87033, -74.1294, ∼2572 m sobre el nivel del mar). La fecha de siembra fue el 1 de agosto de 2020 para el ciclo RF. Los suelos presentan una textura franca (F), pero con un 22,0% de materia orgánica, una capacidad de carga volumétrica del 40%, un punto de marchitez permanente volumétrico del 28,0% (PWP a 15 bar) y una densidad aparente de 0,60 g cm-3.

Modelo productivo 3 – Subachoque, riego optimo: en un lote comercial de 3,11 hectáreas en el Municipio de Subachoque, Cundinamarca, Colombia (4,888668, -74,18668 ∼ 2609 m sobre el nivel del mar), bajo un sistema de riego por aspersión fija. La fecha de siembra fue el 22 de enero de 2021. El suelo, presentó una textura franca (F) con un 17,0% de materia orgánica, una capacidad de campo volumétrica del 47%, un punto de marchitez permanente volumétrico del 35,0% (PWP a 15 bar), y una densidad aparente 0,66 g cm-3. La programación del riego consistió en evaluar las necesidades hídricas del cultivo de papa en cada etapa del ciclo vegetativo, junto con el monitoreo del estado hídrico del suelo y las condiciones meteorológicas. Se utilizó un sistema de riego por aspersión a 3 bares con un caudal de 1,03 m3 /h por su capacidad para proporcionar una aplicación uniforme del agua durante todo el periodo vegetativo. Los aspersores se instalaron con una separación de 10 m x 10 m, basada en el radio medio del diámetro de mojado del emisor. La eficiencia global del riego se estimó en un 85%, teniendo en cuenta factores como la uniformidad de la distribución del agua y las pérdidas debidas a la evaporación y a la deriva del viento en la región de Subachoque. La temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento fueron variables utilizadas en el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo) para ajustar la programación del riego y satisfacer las necesidades específicas del cultivo en las diferentes etapas de su desarrollo de acuerdo con el coeficiente de cultivo (Kc) para la papa (FAO 56). Los ajustes se basaron en las lecturas del tensiómetro y en el seguimiento del estado hídrico del suelo para optimizar la aplicación de agua sin sobrepasar la capacidad del campo ni alcanzar el punto de marchitez permanente.

En los tres modelos se empleó la variedad Diacol Capiro en una densidad de 33.333 pl ha-1. Los agricultores implementaron prácticas agronómicas típicas recomendadas para el cultivo de papa en la región de Cundinamarca. La rutina de aplicación de fertilizantes de los agricultores en las tres subregiones de Cundinamarca involucró la aplicación de 120 kg ha-1 de nitrógeno, 80-100 kg ha-1 de P2O5, y 150 kg ha-1 de K2O al suelo antes de la siembra. Los fertilizantes utilizados por los agricultores incluyen urea de liberación lenta, superfosfato triple y fertilizantes balanceados en una proporción de 10:30:10:5, 14:3:18:8:0:7 y 12:11:18:0:2:2,7:8 de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B y Cu. La siembra se realizó con semilla vegetativa, seguida de una fertilización inicial del suelo rica en fosfatos. Durante la fase de engrosamiento de los tubérculos, se realizó una fertilización foliar con 30 kg ha-1 de nitrógeno, 50 kg ha-1 de potasio y un complejo de micronutrientes esenciales. Las dosis de estos nutrientes se ajustaron en función del análisis del suelo de cada parcela, antes de la siembra. Para el control de arvenses, se aplicaron herbicidas preemergentes y postemergentes. El aporque se realizó varias semanas después de la emergencia de las plántulas para ayudar a proteger los tubérculos en desarrollo de la luz solar directa y promover un mejor desarrollo. En cuanto a la gestión de plagas y enfermedades, se aplicaron medidas periódicas de control mediante tratamientos con insecticidas y fungicidas ante los primeros signos de infestación. Cerca del momento de la cosecha, se realizó un tratamiento químico para la "quema", seguido de la cosecha cuando los tubérculos estaban completamente maduros y las condiciones del suelo eran óptimas.

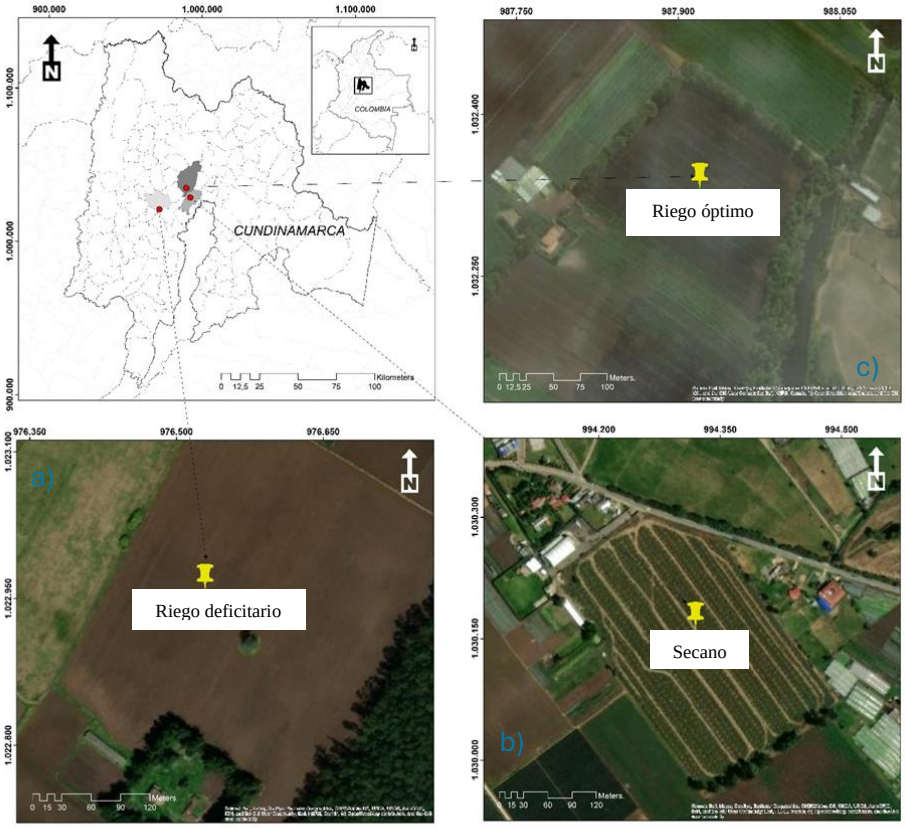


Figura 38. Ubicación de los sistemas de producción. (a) Riego deficitario (Facatativá); (b) Secano (Tenjo) y (c) Riego óptimo (Subachoque).

Datos de crecimiento para los tres modelos

Como datos de entrada existen muestreo de plantas en cosecha secuencial. Cada once o doce - 12 días, diez plantas fueron cosechadas al azar para análisis de crecimiento después de 35, 41, 48, 57, 63, 69, 78, 84, 97, 104, 112, 124, 133, y 147 días después de la siembra (DDS) en Facatativá; después de 25, 37, 47, 54, 65, 75, 85, 98, 105, y 116 DDS en Tenjo y 33, 46, 57, 70, 80, 96, 110, 122, 135 y 152 DDS, en Subachoque. Las plantas se dividieron en cuatro componentes: hojas verdes (lámina y pecíolo), raíces, tallos y tubérculos. Se midió el área foliar total y el peso fresco de cada muestra. El material vegetal se colocó en bolsas de papel y se secó en una estufa de secado de aire forzado hasta alcanzar un peso constante a 70 °C. Con el objetivo de definir previo a los ensayos de simulación variables de crecimiento útiles para efectos de validación, se presentan curvas de crecimiento de los cultivos en cada una de las localidades. Los datos de peso seco de hojas, raíces, tallos y tubérculos se ajustaron a una función logística (Figura 18). También se presentan datos de distribución de materia seca (Figura 19) y descripción de las etapas de crecimiento en donde se define el día en donde ocurre el IAF máximo (Figura 20).

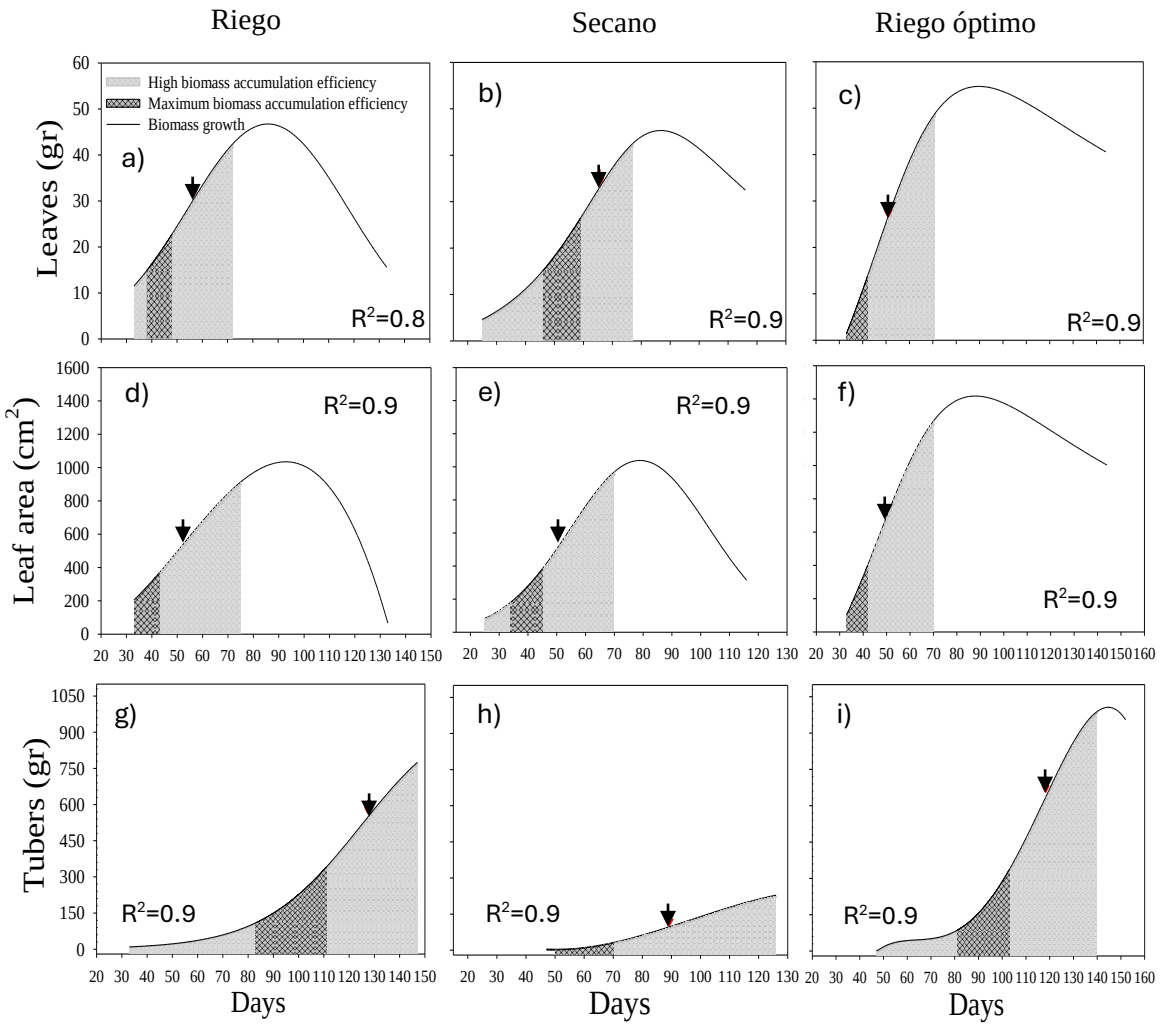


Figura 39. Curvas de crecimiento ajustadas a modelos matemáticos de crecimiento para hojas (a, b, c) área foliar (d, e f) y tubérculos (g, h, i) en papa (Solanum tuberosum L.) var Diacol Capiro. Las líneas negras representan la biomasa real observada para los sitios de evaluación. Las áreas sombreadas son la elasticidad o el período de alta eficiencia de acumulación de biomasa (gris claro) y el período de máxima eficiencia de acumulación de biomasa (gris oscuro) de los modelos de crecimiento ajustados. Las filas negras son los puntos de inflexión (sobre las curvas de crecimiento ajustadas al modelo logístico:

$$f(t) = {}^{a}/_{1 + be^{(-ct)}}$$

Fuente: Propia. Datos provenientes de Tesis doctoral Fabio Martinez 2020-2022

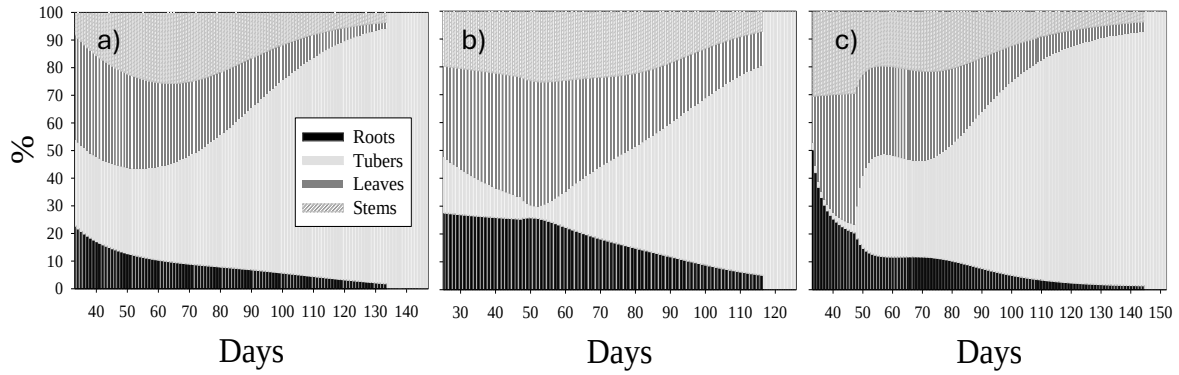


Figura 40. Evolución de la partición de la masa seca de la patata (Solanum tuberosum L.) var diacol capiro, componentes de la planta para Riego deficitario (a), Secano (b) y Riego óptimo (c) durante cada época de crecimiento. **Fuente:** Propia. Datos provenientes de Tesis doctoral Fabio Martinez 2020-2022

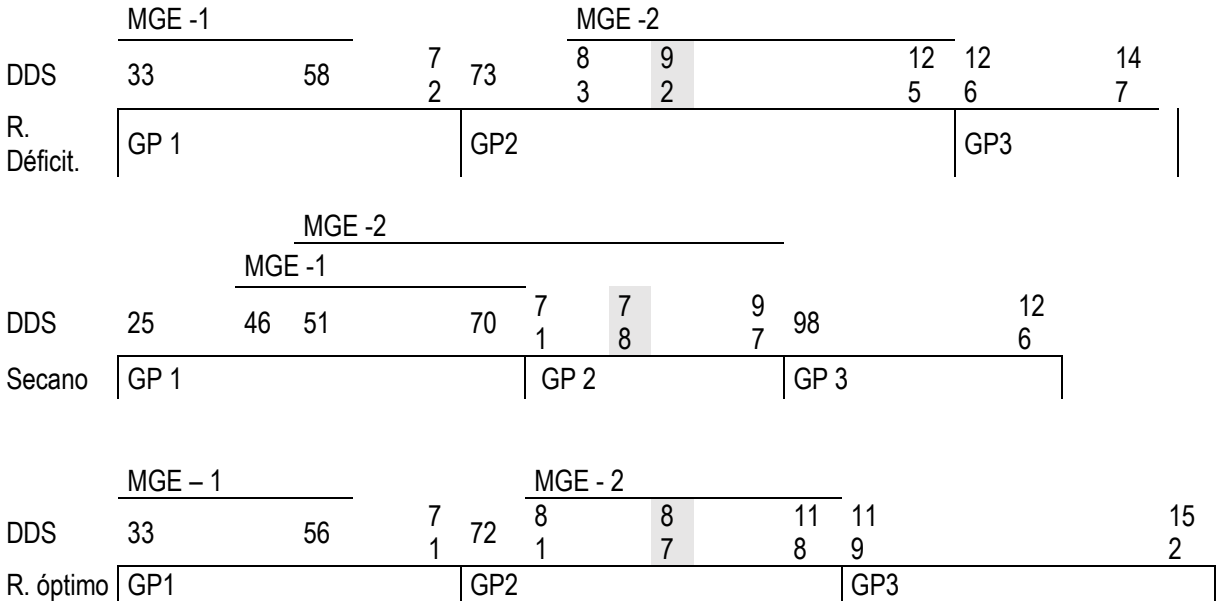


Figura 41. Períodos de crecimiento determinados para los sitios de evaluación del cultivo de papa. MGE - 1 es la máxima eficiencia de crecimiento de hojas, tallos y área foliar; MGE - 2 es la máxima eficiencia de crecimiento de tubérculos. GP1, período de crecimiento uno; GP2, período de crecimiento dos; GP3, período de crecimiento tres. Se presentan datos del IAF máximo para Facatativá (riego deficitario) (IAFmax = 92 DDS); Tenjo (secano) (IAFmax = 78 DDS) y Subachoque (Riego óptimo) (IAFmax = 87 DDS). **Fuente:** Propia. Datos provenientes de Tesis doctoral Fabio Martinez 2020-2022

G1 - Crecimiento estructural: Periodo de máxima eficiencia e incremento geométrico del crecimiento de raíces, tallos, hojas y área foliar. Ocurrencia de sus máximas tasas de crecimiento. Alta eficiencia en la acumulación de materia seca en fases iniciales de tubérculo
G2 – Transición: Ocurrencia del máximo IAF en donde la tasa de crecimiento de AF tiende a cero. Atenuación en la eficiencia en la acumulación de masa seca de raíces, tallos, hojas. Tasa de crecimiento desciende y llega a valores mínimos (tiende a cero). Periodo de alta eficiencia en la acumulación de masa seca en tubérculo
G3 – Llenado tubérculos: Tasa de crecimiento negativa de raíz, tallo, hojas y área foliar. Periodo de máxima eficiencia e incremento geométrico del crecimiento de tubérculos. Ocurrencia de la máxima tasa de crecimiento de tubérculo.

Construcción de Archivos DSSAT

Durante la preparación y ejecución de la simulación del modelo se necesitaron cuatro grupos de datos de entrada grupo 1 clima definidos como .CLI y .WTH; grupo 2 suelos definidos como.SOIL; grupo 3. Manejo definido como XFILE y grupo 4. Coeficientes genéticos. Estos se describen a continuación:

Grupo 1 Archivos .CLI y .WTH: El conjunto de datos meteorológicos mínimos comprende temperaturas máximas y mínimas (°C), radiación global, (MJ m2) y precipitaciones (mm). Se organizó información correspondiente a estaciones meteorológicas automáticas, provenientes de la red del IDEAM (Tibaitatá & Granja Providencia), más aquellas provenientes de la red del proyecto SIAP (SIAP01Caseteja, SIAP02CITibaitata & SIAP03LaFortuna). Por otro lado, dado el requerimiento de series climáticas históricas, para la realización de los hindcast en los lugares experimentales, y ante la carencia de tal información, se optó por la descarga de series de precipitación del programa CHIRPS (Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations) y de temperatura del programa ERA5 (Fifth generation ECMWF reanalysis for the global climate and weather).. Los archivos se nominaron como ASFA (Agrosavia-AS; Facatativá – FA); ASSU (Agrosavia-AS; Subachoque – SU) y ASFA (Agrosavia-AS; Tenjo – TE).

a)

ASFA.CLI

ASFA2001.WTH

ASSU.CLI

ASSU2101.WTH

ASTE.CLI

ASTE2001.WTH

b)

```
*CLIMATE : ASFA

@ INSI      LAT     LONG  ELEV   TAV   AMP  SRAY  TMXY  TMNY  RAIY
  ASFA    4.804  -74.288  2612 -99.0 -99.0 -99.0 -99.0 -99.0   -99
@START  DURN  ANGA  ANGB REFHT WNDHT SOURCE
  2020     1  0.25  0.50 -99.0 -99.0 Calculated_from_daily_data
@ GSST  GSDU
     1   365

*MONTHLY AVERAGES
@  MTH  SAMN  XAMN  NAMN  RTOT  RNUM  SHMN  AMTH  BMTH
     1   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
     2   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
     3  16.4  19.4   8.2  26.2   4.8   -99 0.250 0.500
     4  16.3  19.9   7.8  55.0  15.0   -99 0.250 0.500
     5  13.5  19.8   8.2  92.0  20.0   -99 0.250 0.500
     6  15.1  19.3   7.6  68.0  15.0   -99 0.250 0.500
     7  13.3  18.6   8.4  88.6  19.9   -99 0.250 0.500
     8   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
     9   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
    10   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
    11   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500
    12   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.250 0.500

*WGEN PARAMETERS
@  MTH  SDMN  SDSD  SWMN  SWSD  XDMN  XDSD  XWMN  XWSD  NAMN  NASD ALPHA  RTOT   PDW  RNUM
     1   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
     2   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
     3  17.2   7.2  12.2   2.3  19.3   1.5  19.6   0.7   8.2   2.7 0.000  26.2 0.250   4.8
     4  18.0   3.5  14.5   4.3  20.5   0.7  19.3   1.2   7.8   2.1 0.826  55.0 0.625  15.0
     5  13.6   2.4  13.4   2.4  19.8   1.1  19.7   1.1   8.2   2.4 0.341  92.0 0.750  20.0
     6  15.4   2.9  14.8   3.4  19.4   0.8  19.2   1.0   7.6   1.6 0.192  68.0 0.375  15.0
     7  14.3   2.1  12.7   2.3  18.6   1.0  18.5   1.0   8.4   1.5 0.493  88.6   -99  19.9
     8   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
     9   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
    10   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
    11   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
    12   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 0.000   -99   -99   -99
```

Figura 42.. Inputs, archivos .CLI y .WTH generados (a) y ejemplo de estructura de archivos .CLI.

Grupo 2 Suelos. SOIL: Para la construcción del insumo de suelos, se utilizó la cartografía del estudio general de suelos del departamento de Cundinamarca (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2001) y los datos experimentales obtenidos en cada uno de los sistemas de producción. El proceso consistió en ubicar espacialmente los sitios experimentales en el sistema de información geográfica ARCGIS y, mediante la herramienta *Intersect*, se cruzó esta información con el mapa departamental de suelos. Esto permitió obtener los datos de las unidades cartográficas de suelos (UCS) y los perfiles modales correspondientes a la ubicación de cada sitio experimental.
De esta manera, se identificó que el perfil **CT-14a Aquic Hapludands** aplica los sitios experimentales de Tenjo y Subachoque, mientras que el perfil **MU-1 Pachic Haplustands** (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2001) corresponde a la unidad experimental de Facatativá. Posteriormente, los datos experimentales, recolectados en espesores discontinuos de 0-15 cm y 30-40 cm de profundidad, se armonizaron con la información suministrada por el estudio general de suelos. Este proceso permitió construir perfiles de suelos más detallados, integrando datos físicos, químicos y morfológicos relevantes.
En el archivo *.SOL*, generado específicamente para la unidad experimental ubicada en el municipio de Facatativá (Figura 6), se incorporaron datos clave como localización geográfica, relieve o inclinación del terreno, capacidad de drenaje interno y externo, y clasificación taxonómica. La construcción del perfil de suelos incluyó una diferenciación de cada horizonte con su respectivo espesor y nomenclatura. Para cada horizonte, se registraron propiedades físicas como densidad aparente, contenido de humedad a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y punto de saturación de humedad. Asimismo, se incluyeron propiedades químicas relacionadas con la fertilidad y disponibilidad de nutrientes, indispensables para la modelación de cultivos en DSSAT.

AS.SOL a)

Readme_Suelos.txt

b)

```
*SOILS: General DSSAT Soil Input File

*ASFA241125  AGROSAVIA    SCL     143  ASFA01
@SITE        COUNTRY          LAT     LONG SCS FAMILY
 FACATATIVA  COLOMBIA        4.804 -74.129 Pachic Haplustands
@ SCOM  SALB  SLU1  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
    BN   .13     6   .25    81     1     1 IB001 IB001 IB001
@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
    15    Ap  .175  .261   .38     1   .43   .65  7.77  30.3   5.8     0   -99     5   -99  14.7   -99
    30    A1  .169    .3  .434  .638   .23   .72 10.01    30    32     0   -99   5.6   -99  13.9   -99
    40    A2  .192  .299  .402  .497   .43   .52   8.5  34.4  16.9     0   -99   5.7   -99  14.3   -99
    78    A3  .136  .246  .409  .307   .43   .68  7.99    22    24     0   -99     6   -99  16.5   -99
    92    AB  .078   .17  .405  .183  2.59   .64  4.73     8    16     0   -99   6.3   -99   6.4   -99
   118   BW1  .078   .17  .405  .122  2.59   .74  1.64     8    16     0   -99   6.2   -99   3.1   -99
   143   BW2    .2  .314  .413  .074   .23    .6  1.51    36    20     0   -99   6.2   -99     4   -99
@  SLB  SLPX  SLPT  SLPO CACO3  SLAL  SLFE  SLMN  SLBS  SLPA  SLPB  SLKE  SLMG  SLNA  SLSU  SLEC  SLCA
    15   -99   -99   -99   -99    .9   -99   -99   -99   -99   -99     2   -99   -99   -99   -99   8.1
    30   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99    .1   -99   -99   -99   -99  12.4
    40   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99  13.2
    78   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99    15
    92   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   5.5
   118   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   2.5
   143   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   -99     0   -99   -99   -99   -99   3.1

*ASTE241126  AGROSAVIA    SIL     135  ASTE01
@SITE        COUNTRY          LAT     LONG SCS FAMILY
 Tenjo       COLOMBIA        4.869 -74.129 Aquic Hapludands
@ SCOM  SALB  SLU1  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
    BL   .09     6    .4    81     1     1 IB001 IB001 IB001
@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC  SADC
    15    Ap  .383  .418  .668     1   .68   .64 12.64  16.5  51.5   -99   -99   5.1   -99    17   -99
    30    A1   .09   .21  .431  .638  2.59    .8  5.89    10    32   -99   -99   5.5   -99   6.4   -99
    40    A2  .099  .254  .485  .497   .68   .82  4.50    12  50.8   -99   -99   5.5   -99   5.8   -99
    50    AB  .075  .195  .452  .407  2.59    .8   4.2     6    32   -99   -99   5.6   -99   5.1   -99
    85   BW1  .098   .24   .47  .259  1.32     1  1.52    12    44   -99   -99   5.6   -99   4.6   -99
    98   BW2  .084  .241  .506   .16   .68    .6  2.39     6    50   -99   -99   5.5   -99   6.5   -99
   114  2Ab1  .074  .185  .442   .12  2.59    .8  5.69     6    28   -99   -99   5.5   -99   7.1   -99
   135  2Ab2  .092  .226  .463  .083  1.32    .8  5.19    10    40   -99   -99   5.5   -99     7   -99
@  SLB  SLPX  SLPT  SLPO CACO3  SLAL  SLFE  SLMN  SLBS  SLPA  SLPB  SLKE  SLMG  SLNA  SLSU  SLEC  SLCA
    15   -99   -99   -99   -99    .3   -99   -99   -99   -99   -99   2.6   -99   -99   -99   -99  10.6
    30   -99   -99   -99   -99    .5   -99   -99   -99   -99   -99   1.1   -99   -99   -99   -99   2.8
```

Figura 43. Inputs, archivo .SOL generado (a) y ejemplo de estructura de archivos .SOL (b). (ejemplo para Facatativá).

Grupo 3 Manejo XFILE .PTX y .PTA; PTT: Para la construcción del XFILE se emplearon datos de manejo de los cultivos sobre fechas de siembra, emergencia y cosecha, así como de nitrógeno, potasio, fósforo y algunos elementos menores utilizados y datos sobre las prácticas de labranza. Se construyeron 3 archivos X FILEs nominados como ASFA2401 (Agrosavia-AS; Facatativá – FA; 2024 – 24; experimento 1-01); ASTE2401 y ASSU2401. A partir de los datos de fecha de siembra, densidades, manejo de plagas, enfermedades, fertilidad (Tabla 11) se crearon los archivos Xfile .PTX para cada una de las localidades (Figura 23).

Acciones de manejo en la localidad Facatativá, Modelo en riego deficitario	
Manejo	Fecha
Riego Deficitario Facatativá	
Mecanización	Enero 07, 2020
Siembra	Febrero 27, 2020
Emergencia	Marzo 13, 2020
Fertilización	Febrero 07; Marzo 13; Abril 20; Mayo 14; Mayo 21; Junio 04; Junio 11, 2020
Suelo acondicionamiento	Marzo 24; Abril 04; Abril 13, 2020
Fertilización foliar	Marzo 13; Abril 13; Abril 25; Mayo 07; Mayo 14; Mayo 21; Mayo 28, 2020
Control de arvenses	Febrero 18; Marzo 19; Mayo 01; Junio 26, 2020

Riego (20 mm)	Febrero 24 – 27; Abril 11 – 12; Abril 19; Abril 21 – 23; Mayo 11 – 13; Junio 02, 2020
Aporque	Marzo 04 - 07, 2020
Aplicación de insecticidas	Marzo 03 – 07; Marzo 13; Marzo 19; Marzo 24; Abril 04; Abril 13; Abril 20; Abril 25; Mayo 01; Mayo 07; Mayo 14; Mayo 18; Mayo 21; Mayo 28; Junio 04; Junio 11; Junio 13; Junio 18; Junio 26, 2020
Aplicación de fungicidas	Marzo 03 – 07; Marzo 13; Marzo 19; Marzo 24; Abril 04; Abril 13; Abril 20; Abril 25; Mayo 01; Mayo 07; Mayo 14; Mayo 21; Mayo 28; Junio 04; Junio 11; Junio 18; Junio 26
Corte de ramas	Julio 03 – 06, 2020
Quema	Julio 01; Julio 07; Julio 09, 2020
Cosecha	Julio 29, 2020

```
*EXP.DETAILS: ASFA2401PT ASFA2402PT  CURSO DSSAT AGROSAVIA

*GENERAL
@PEOPLE
Modeladores CAS
@ADDRESS
Facatativa
@SITE
Facatativa
@ PAREA  PRNO  PLEN  PLDR  PLSP  PLAY HAREA  HRNO  HLEN  HARM.........
    -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99

*TREATMENTS                        -------------FACTOR LEVELS------------
@N R O C TNAME.................... CU FL SA IC MP MI MF MR MC MT ME MH SM
 1 1 1 0 Diacol capiro              1  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1

*CULTIVARS
@C CR INGENO CNAME
 1 PT AS0001 DIACOL CAPIRO

*FIELDS
@L ID_FIELD WSTA....  FLSA  FLOB  FLDT  FLDD  FLDS  FLST SLTX  SLDP  ID_SOIL    FLNAME
 1 ASFA2001 ASFA       -99   -99 DR002   -99   -99     1 SL     160  ASFA241125 escenario base
@L ...........XCRD ...........YCRD .....ELEV .............AREA .SLEN .FLWR .SLAS FLHST FHDUR
 1             -99             -99       -99                -99   -99   -99   -99   -99   -99

*SOIL ANALYSIS
@A SADAT  SMHB  SMPX  SMKE  SANAME
 1 80338   -99   -99   -99  -99
@A  SABL  SADM  SAOC  SANI SAPHW SAPHB  SAPX  SAKE  SASC
 1    15   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99

*INITIAL CONDITIONS
@C   PCR ICDAT  ICRT  ICND  ICRN  ICRE  ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID ICNAME
 1    PT 20079   100     0     1     1   -99   300     1     0   100    10 Linea base
@C  ICBL  SH2O  SNH4  SNO3
 1    25  .252    .1     1
 1    44  .287    .1     1
 1    70  .288    .1     1
 1   126  .235    .1     1
 1   160  .261    .1     1
```

```
*PLANTING DETAILS
@P PDATE EDATE  PPOP  PPOE  PLME  PLDS  PLRS  PLRD  PLDP  PLWT  PAGE  PENV  PLPH  SPRL
 1 20058   -99    28    28     S     R   100     0    15  1000   -99   -99   -99    15

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT
@I  EFIR  IDEP  ITHR  IEPT  IOFF  IAME  IAMT IRNAME
 1    .8    30    70   100 GS000 IR004    10 Riego deficitario
@I IDATE  IROP IRVAL
 1 20087 IR004    20
 1 20101 IR004    20
 1 20112 IR004    20
 1 20132 IR004    20
 1 20156 IR004    20

*FERTILIZERS (INORGANIC)
@F FDATE  FMCD  FACD  FDEP  FAMN  FAMP  FAMK  FAMC  FAMO  FOCD FERNAME
 1 20058 FE900 AP004    15    12    11    18   -99   -99   -99 FertiFaca
 1 20058 FE900 AP004    15    98    21   126    56   -99   -99 FertiFaca
 1 20058 FE900 AP004    15    75   225    75    41   -99   -99 FertiFaca

*RESIDUES AND ORGANIC FERTILIZER
@R RDATE  RCOD  RAMT  RESN  RESP  RESK  RINP  RDEP  RMET RENAME
 1 20079   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99 -99

*CHEMICAL APPLICATIONS
@C CDATE CHCOD CHAMT  CHME CHDEP   CHT..CHNAME
 1 02004   -99    .1   -99     8     -  9  Acido cítrico
 1 20046   -99     3   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20046   -99   .15   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20058   -99    .6   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20058   -99     2   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20058   -99   1.5   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20058   -99    .3   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20058   -99   1.5   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99    .5   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99    .6   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99     1   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99     1   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99   1.2   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
 1 20063   -99    .5   -99   -99   -99  9  Acido cítrico
```

Figura 44. Inputs, archivo .PTX generados (ejemplo para Facatativá).

Facatativá: 02/27/2020					
DDS	área foliar	raíz	tubérculos	hojas	tallos
35	217.241645	4.868	1.934	11.736	5.547
41	336.623054	8.584	3.840	18.375	8.918
48	480.17228	10.667	4.840	23.944	14.080
57	677.59946	10.971	25.771	31.711	21.100
63	633.774888	12.725	37.500	33.275	27.100
69	934.582654	14.667	118.872	44.275	38.400
78	1041.6515	16.082	120.470	41.480	48.338
84	1102.9556	14.582	148.678	46.978	45.750
97	1237.79238	15.917	210.443	39.785	33.050
104	941.11358	18.840	190.563	39.399	29.592
112	920.541749	19.048	281.679	43.715	32.270
124	423.800689	16.829	588.353	23.730	29.670
133	100.023878	17.516	636.143	7.090	29.469
147		1.955	750.501		

Tenjo: 08/01/2020					
DDS	área foliar	raíz	tubérculos	hojas	tallos
25	724.5502	4.9091	0	2.6293	1.727
37	3357.147	6.7987	0	12.7807	5.7675
47	3437.169	6.9986	1.7	13.1063	7.349
54	6938.16	13.5292	4.22	24.035375	12.1789
65	8134.803	17.1919	18.272625	32.534	23.3384
75	9374.222	25.453	42.3588889	37.3011111	32.48375
85	11241.27	24.19	81.52875	50.473	37.50875
98	8387.868	19.599	119.1675	40.044	31.4175
105	4456.194	21.72	167.541	37.293	30.9325
116	420	12.845	194.728571	34.0657143	14.7111111

Subachoque: 22/01/2020					
DDS	área foliar	raíz	tubérculos	hojas	tallos
33	1090.971	3.020	0.000	4.043	1.798
46	5092.453	10.966	1.797	14.236	10.141
57	10042.165	12.314	15.940	37.290	25.439
70	12416.818	16.317	45.953	46.757	34.564
80	13175.558	21.057	111.383	60.866	38.679
96	15193.494	22.509	236.489	46.612	43.755
110	12222.057	20.738	424.383	48.568	51.734
122	12301.888	19.9671429	725.708	48.635	53.219
135	10528.045	27.565	949.571	47.284	53.982
152		12.802	950.173		27.858

Figura 45. Datos de crecimiento área foliar, peso seco de raíz, tubérculos, hojas y tallos para cada una de las localidades.

Archivos PTA y PTT (Figura 25): Se construyeron a partir de datos de crecimiento (Figura 24) tomados de cada una de las localidades.

.PTA

```
*EXP. DATA (A): ASFA2401PT Potato non optimun irrigation

! File last edited on day 11/28/2024 at 11:27:32 a. m.
!
@TRNO     TDAP  TDAT  HDAP  HDAT  UYAH
    1       67 20125   154 20212  28.3
```

.PTT

```
*EXP. DATA (T): ASFA2401PT Potato deficit irrigation

! File last edited on day 11/27/2024 at 1:02:13 p. m.
!
!
@TRNO     DATE   PLA  WLVG  SWAD  RWAD  UWAD
     1   20093 217.2 391.1 184.9 162.2 64.46
     1   20099 336.6 612.4 297.2 286.1 128.0
     1   20106 480.1 798.1 469.3 355.5 161.3
     1   20115 677.6 1057. 703.3 365.7 859.0
     1   20121 633.7 1109. 903.3 424.1 1249.
     1   20127 934.5 1475. 1279. 488.8 3962.
     1   20136 1041. 1382. 1611. 536.0 4015.
     1   20142 1102. 1565. 1524. 486.0 4955.
     1   20155 1237. 1326. 1101. 530.5 7014.
     1   20162 941.1 1313. 986.3 627.9 6352.
     1   20170 920.5 1457. 1075. 634.9 9389.
     1   20182 423.8 790.9 988.9 560.9 19611
     1   20191 100.0 236.3 982.3 583.8 21204
     1   20205 -99.0 -99.0 -99.0 65.17 25016
```

Figura 46. Inputs, archivo .PTT y PTA generados a partir de datos de crecimiento (ejemplo para Facatativá).

Grupo 4 Coeficientes genéticos .CUL:

Para la calibración de los coeficientes genéticos se realizará un análisis de sensibilidad iniciando con los coeficientes fenológicos P2 y TC, esto con el objetivo de determinar qué tan sensibles son las predicciones del modelo a cambios en los coeficientes genéticos. Al hacer esto, se identifican cuáles coeficientes tienen un mayor impacto en los resultados y necesitan ser ajustados con más precisión. El objetivo final es calibrar los coeficientes para que las predicciones del modelo sean lo más cercanas posibles a los datos observados en campo. Para esto se definió un rango de valores de los coeficientes P2 y TC entre los límites definidos para papa en el modelo Substor.

Variación de los valores de coeficientes genéticos P2 y TC para el análisis de sensibilidad

Código	**Tratamiento**		**G2**	**G3**	**PD**	**P2**	**TC**
999991	Mínimo papa		*900*	*21*	*0.5*	*0.3*	*15*
999992	Máximo papa		*2100*	*26*	*1*	*0.9*	*22*
AS0001	CAPIRO	IB0001	2000	22	0.7	0.4	19
AS0002	CAPIROB	IB0001	1236	8.8	0.2	0.7	25
AS0010	CAPIRO10	IB0001	2000	22	0.7	0.3	15
AS0011	CAPIRO11	IB0001	2000	22	0.7	0.4	15
AS0012	CAPIRO12	IB0001	2000	22	0.7	0.5	15
AS0013	CAPIRO13	IB0001	2000	22	0.7	0.6	15
AS0014	CAPIRO14	IB0001	2000	22	0.7	0.7	15
AS0015	CAPIRO15	IB0001	2000	22	0.7	0.8	15
AS0016	CAPIRO16	IB0001	2000	22	0.7	0.9	15
AS0017	CAPIRO17	IB0001	2000	22	0.7	0.3	16
AS0018	CAPIRO18	IB0001	2000	22	0.7	0.4	16
AS0019	CAPIRO19	IB0001	2000	22	0.7	0.5	16
AS0020	CAPIRO20	IB0001	2000	22	0.7	0.6	16
AS0021	CAPIRO21	IB0001	2000	22	0.7	0.7	16
AS0022	CAPIRO22	IB0001	2000	22	0.7	0.8	16
AS0023	CAPIRO23	IB0001	2000	22	0.7	0.9	16
AS0024	CAPIRO24	IB0001	2000	22	0.7	0.3	18
AS0025	CAPIRO25	IB0001	2000	22	0.7	0.4	18
AS0026	CAPIRO26	IB0001	2000	22	0.7	0.5	18
AS0027	CAPIRO27	IB0001	2000	22	0.7	0.6	18
AS0028	CAPIRO28	IB0001	2000	22	0.7	0.7	18
AS0029	CAPIRO29	IB0001	2000	22	0.7	0.8	18
AS0030	CAPIRO30	IB0001	2000	22	0.7	0.9	18
AS0031	CAPIRO31	IB0001	2000	22	0.7	0.3	19
AS0032	CAPIRO32	IB0001	2000	22	0.7	0.4	19
AS0033	CAPIRO33	IB0001	2000	22	0.7	0.5	19
AS0034	CAPIRO34	IB0001	2000	22	0.7	0.6	19
AS0035	CAPIRO35	IB0001	2000	22	0.7	0.7	19
AS0036	CAPIRO36	IB0001	2000	22	0.7	0.8	19

AS0037	CAPIRO37	IB0001	2000	22	0.7	0.9	19
AS0038	CAPIRO38	IB0001	2000	22	0.7	0.3	20
AS0039	CAPIRO39	IB0001	2000	22	0.7	0.4	20
AS0040	CAPIRO40	IB0001	2000	22	0.7	0.5	20
AS0041	CAPIRO41	IB0001	2000	22	0.7	0.6	20
AS0042	CAPIRO42	IB0001	2000	22	0.7	0.7	20
AS0043	CAPIRO43	IB0001	2000	22	0.7	0.8	20
AS0044	CAPIRO44	IB0001	2000	22	0.7	0.9	20
AS0045	CAPIRO45	IB0001	2000	22	0.7	0.3	21
AS0046	CAPIRO46	IB0001	2000	22	0.7	0.4	21
AS0047	CAPIRO47	IB0001	2000	22	0.7	0.5	21
AS0048	CAPIRO48	IB0001	2000	22	0.7	0.6	21
AS0049	CAPIRO49	IB0001	2000	22	0.7	0.7	21
AS0050	CAPIRO50	IB0001	2000	22	0.7	0.8	21
AS0051	CAPIRO51	IB0001	2000	22	0.7	0.9	21
AS0052	CAPIRO52	IB0001	2000	22	0.7	0.3	22
AS0053	CAPIRO53	IB0001	2000	22	0.7	0.4	22
AS0054	CAPIRO54	IB0001	2000	22	0.7	0.5	22
AS0055	CAPIRO55	IB0001	2000	22	0.7	0.6	22
AS0056	CAPIRO56	IB0001	2000	22	0.7	0.7	22
AS0057	CAPIRO57	IB0001	2000	22	0.7	0.8	22
AS0058	CAPIRO58	IB0001	2000	22	0.7	0.9	22

A partir de estos valores, se formuló el archivo .CUL el cual será llamado dentro del XFILE .PTX

.CUL

```
*POTATO CULTIVAR COEFFICIENTS: PTSUB048 MODEL

! COEFF       DEFINITIONS
! ========    ===========
! VAR#        Identification code or number for a specific cultivar
! VAR-NAME    Name of cultivar
! EXPNO       Number of experiments used to estimate cultivar parameters
! ECO#        Ecotype code or this cultivar, points to the Ecotype in the
!             ECO file (currently not used).
! G2          Leaf area expansion rate after tuber initiation (cm2/m2 d)
! G3          Potential tuber growth rate (g/m2 d)
! PD          Index that supresses tuber growth during the period
!             that immediately follows tuber induction
! P2          Tuber initiation sensitivity to long photoperiods
! TC          Upper critical temperature for tuber initiation (C)
!
!             P/G/N:Phenology/Growth/Not used for calbration
!
@VAR#  VAR-NAME........ EXPNO   ECO#    G2    G3    PD    P2    TC
!Coeffient #                             1     2     3     4     5
!Calibration                             G     G     G     P     P

999991 MINIMA               . DFAULT  900.  21.0   0.5   0.3  15.0
999992 MAXIMA               . DFAULT 2100.  26.0   1.0   0.9  22.0

AS0001 DIACOL CAPIRO        . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.4  19.0
AS0002 DIACOL CAPIROB       . IB0001 1236.   8.8   0.2   0.7  25.0
AS0010 DIACOL CAPIRO10      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.3  15.0
AS0011 DIACOL CAPIRO11      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.4  15.0
AS0012 DIACOL CAPIRO12      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.5  15.0
AS0013 DIACOL CAPIRO13      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.6  15.0
AS0014 DIACOL CAPIRO14      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.7  15.0
AS0015 DIACOL CAPIRO15      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.8  15.0
AS0016 DIACOL CAPIRO16      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.9  15.0
AS0017 DIACOL CAPIRO17      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.3  16.0
AS0018 DIACOL CAPIRO18      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.4  16.0
AS0019 DIACOL CAPIRO19      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.5  16.0
AS0020 DIACOL CAPIRO20      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.6  16.0
AS0021 DIACOL CAPIRO21      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.7  16.0
AS0022 DIACOL CAPIRO22      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.8  16.0
AS0023 DIACOL CAPIRO23      . IB0001 2000.  22.0   0.7   0.9  16.0
```

.PTX

```
*EXP.DETAILS: ASFA2401PT ASFA2402PT  CURSO DSSAT AGROSAVIA

*GENERAL
@PEOPLE
Modeladores CAS
@ADDRESS
Facatativa
@SITE
Facatativa
@ PAREA  PRNO  PLEN  PLDR  PLSP  PLAY HAREA  HRNO  HLEN  HARM.........
    -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99   -99

*TREATMENTS                        -------------FACTOR LEVELS------------
@N R O C TNAME.................... CU FL SA IC MP MI MF MR MC MT ME MH SM
 1 1 1 0 Diacol capiro1             1  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 2 1 1 0 Diacol capiro2             2  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 3 1 1 0 Diacol capiro3             3  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 4 1 1 0 Diacol capiro4             4  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 5 1 1 0 Diacol capiro5             5  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 6 1 1 0 Diacol capiro6             6  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 7 1 1 0 Diacol capiro7             7  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 8 1 1 0 Diacol capiro8             8  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
 9 1 1 0 Diacol capiro9             9  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
10 1 1 0 Diacol capiro10           10  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
11 1 1 0 Diacol capiro11           11  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
12 1 1 0 Diacol capiro12           12  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
13 1 1 0 Diacol capiro13           13  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
14 1 1 0 Diacol capiro14           14  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
15 1 1 0 Diacol capiro             15  1  0  1  1  1  1  0  0  0  0  1  1
```

Figura 47. Inputs, archivo .CUL y PTX generados a partir de datos de crecimiento (ejemplo para Facatativá).

Para cada valor de los coeficientes, se ejecutará una nueva simulación. Se registrarán los resultados de cada simulación (por ejemplo, rendimiento de cultivos, fecha de madurez, área foliar, etc.). Después de ejecutar las simulaciones, los resultados deberán analizarse para evaluar cómo cambian las predicciones del modelo con cada variación de los coeficientes. Así mismo se definirán que coeficientes tienen el mayor impacto en el rendimiento y otros resultados clave. Se usarán herramientas estadísticas (como análisis de varianza o sensibilidad multivariada) para determinar la importancia relativa de cada coeficiente. Los resultados obtenidos de las simulaciones se compararán con los datos experimentales reales obtenidos en los ensayos de campo en las 3 localidades. Una vez calibrados los coeficientes genéticos, se validarán utilizando un conjunto de datos de campo independiente (si es posible) para asegurar que los nuevos coeficientes producen resultados coherentes con las condiciones reales. Podrán usarse métodos como análisis de varianza (ANOVA) o métodos de Monte Carlo para evaluar la sensibilidad de los resultados a cambios en los coeficientes genéticos.

Coeficientes G2 Leaf area expansion rate after tuber initiation (cm^2/m^2 d) y G3 (Potential tuber growth rate (g/m^2 d).

En cada una de las localidades los datos de peso seco de tubérculos se ajustaron al modelo de crecimiento logístico. El área foliar se ajustó a modelos de crecimiento polinómico, exponencial y racional. Para cada modelo, se calculó el punto en el que la tasa de crecimiento alcanzaba el valor máximo (el punto de inflexión) estableciendo la segunda derivada de la función igual a cero ($f''(t) = 0$). En este punto se calcularon otros índices importantes (Tabla 13) como la tasa máxima de crecimiento absoluto $Max\ AGR = \frac{df(t)}{dt}$ obtenida como el valor de la primera derivada de la función en f''(t) y el peso seco alcanzado (gr) donde la tasa de crecimiento alcanzada es máxima $f''(w_0) = 0$. Los días después de la siembra (DAS) en que la tasa de crecimiento tiende a cero se determinaron como $\frac{df(t_0)}{dt} = 0$. Se determinará la información de los modelos y sus índices asociados, podrán servir de insumo para el ajuste de los coeficientes G2 y G3.

Índices de crecimiento derivados de modelos matemáticos para la predicción de área foliar y tubérculos en papa variedad Diacol Capiro.

Site	$f''(t_0) = 0$	$Max\ AGR = \frac{df(t)}{dt}$	$f''(w_0) = 0$	$\frac{df(t_0)}{dt} = 0$
	DDS	gr o cm^{-2} dia^{-1}	gr/ cm^{-2}	DDS
Facatativá				
Tubérculos	125	13.03	516.85	-
Área foliar	52	18.54	533.22	92
Tenjo				
Tubérculos	97	4.01	125.42	51
Área foliar	55	26.24	632.9	78
Subachoque				
Tubérculos	118	21.05	629.22	145
Área foliar	47	36.38	583.8	87

1.1 Otras acciones asociadas a las primeras aproximaciones de calibración

Se llevó a cabo el estudio y compilación del código fuente de DSSAT, logrando la creación de un ejecutable previamente inexistente para sistemas operativos Mac y Linux. Se propuso una metodología para la ejecución de DSSAT en sistemas Linux de computación de alto rendimiento (HPC) de la corporación, optimizando así su uso en entornos de gran capacidad de procesamiento. Por último, se exploraron y probaron las interfaces disponibles en Python y R para DSSAT, evaluando su funcionalidad y adaptabilidad al flujo de trabajo planteado en el taller. Estas herramientas permiten integrar DSSAT de manera efectiva en procesos de análisis de datos y automatización.

2. Revisión del tipo de experimentos para la calibración de papa, según Fensterseifer et al. (2017).

Experimento Individual: Esta clase de experimento implica realizar un único experimento de campo en una sola ubicación y en una sola temporada. En otras palabras, se realiza un experimento independiente, sin repetirlo ni agruparlo con otros experimentos en diferentes años o ubicaciones. Este enfoque es útil para ver la incertidumbre generada por el uso de datos limitados, lo que se traduce en una mayor variabilidad en los resultados del modelo. Es una forma simple y económica de realizar experimentos iniciales para obtener una visión preliminar de los parámetros del modelo. Sin embargo, debido a que solo se obtiene una muestra de los datos, el modelo puede ser altamente sensible a las condiciones particulares del experimento (clima, manejo agrícola, etc.), lo que genera una mayor incertidumbre en las predicciones. Esto resulta en una calibración menos confiable, lo que podría verse evidenciado en altos valores de error (errores) reportados cuando se usan experimentos individuales. En el caso de papa, debido a que hay una alta variabilidad de esquemas de manejo, este tipo de aproximaciones no son representativas.

Estación/Año por Ubicación: En este tipo de experimentos, los datos se obtienen durante diferentes temporadas de cultivo (es decir, datos de distintos años) en una misma ubicación geográfica. Esta clase de experimento busca capturar la variabilidad interanual (temporal) de los cultivos (es decir, los cambios entre diferentes años) en una misma ubicación. La variabilidad interanual es importante porque factores como el clima y las condiciones del suelo pueden cambiar de un año a otro, lo que afecta el rendimiento del cultivo. Al agrupar datos de varias temporadas de siembra en la misma ubicación se considera la variabilidad de los datos de diferentes años en la misma ubicación. De esta manera se reduce el error asociado con las condiciones climáticas de un solo año, se reduce el

error de calibración, se aumenta la precisión de la calibración al considerar un conjunto más amplio de datos y condiciones de crecimiento y en general se mejora la precisión de las predicciones del modelo en una región específica. Sin embargo, pese a sus ventajas, solo se captura la variabilidad dentro de una ubicación, lo que puede no ser suficiente para representar la variabilidad geográfica que afecta al rendimiento de la papa en otras zonas.

Estación/Año por Ubicación, con diferentes fechas de siembra (dentro de un año): En este enfoque se plantea implementar en una localidad tres experimentos asociados a tres fechas de siembra (tempranas, óptimas y tardías) en el proceso de calibración. Este enfoque no solo mejora la precisión del modelo, sino que también asegura una alta eficiencia en el uso de recursos de investigación, reduciendo los costos sin sacrificar la calidad de la calibración. Estas fechas de siembra cubren una gama de condiciones climáticas y de crecimiento (desde temprano hasta tardío), se puede lograr una calibración más generalizada y representativa. Utilizar tres experimentos (en diferentes fechas de siembra) es una estrategia balanceada en términos de recursos de investigación, ya que no es necesario realizar un número excesivo de experimentos y proporcionan suficiente variabilidad en los datos para mejorar la precisión del modelo sin ser demasiado costosos ni demandantes en tiempo. Pese a que este enfoque es más eficiente, nuevamente solo se captura la variabilidad dentro de una ubicación, lo que puede no ser suficiente para representar la variabilidad geográfica que afecta al rendimiento de la papa en otras zonas.

Sitios Experimentales: En esta clase de experimentos, los datos se agrupan según los sitios experimentales. Es decir, se realiza un conjunto de experimentos en distintas ubicaciones geográficas y en diferentes años. Cada sitio experimental representa una región diferente de cultivo, lo que permite capturar no solo la variabilidad interanual, sino también la variabilidad geográfica. Este enfoque permite capturar la variabilidad espacial (debido a las diferencias entre ubicaciones) y la variabilidad temporal (debido a las diferencias entre años). Al agrupar los datos por sitios experimentales (es decir, en diferentes ubicaciones geográficas), se incorpora una mayor diversidad de condiciones de crecimiento (diferentes tipos de suelo, clima, etc.), lo que aumenta la robustez, la generalización del modelo y mejora la precisión del modelo porque permite considerar la variabilidad geográfica y temporal en las simulaciones lo que permite un modelo más robusto que podría predecir el rendimiento de la papa con mayor confiabilidad en una variedad de condiciones. Este enfoque es esencial cuando se busca una calibración más general del modelo para diferentes regiones y para situaciones en las que los cultivos se enfrentan a condiciones ambientales muy diferentes. Sin embargo, pese a su mejor aproximación, puede ser más costoso y laborioso, ya que requiere realizar experimentos en varias ubicaciones y recopilar datos de diferentes lugares. Además, la variabilidad geográfica puede hacer que el modelo sea más complejo, ya que se deben tener en cuenta múltiples condiciones de suelo y clima.

Informe salidas de campo, reconocimiento lotes de productores en municipios beneficiarios del proyecto

Visitas departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

Para llevar a cabo el reconocimiento de los lotes de los productores en los municipios beneficiarios del proyecto, se realizó una gira técnica en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá durante el mes de octubre donde se visitaron seis lotes dedicados a la producción de papa. En cada sitio se tomó información en cuanto a datos de georreferenciación y se evaluó la pertinencia y potencialidad del lote teniendo en cuenta las variables que se medirán en el próximo año con el establecimiento de lotes experimentales. Además, se tomaron muestras para análisis completo de fertilidad de suelo.

Información de lotes visitados en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. **Fuente:** Propia

N°	Departamento	Municipio	Vereda	Coordenadas		Altura	Productor	Área total de la finca (Ha)
				Latitud	Longitud			
1	Boyacá	Toca	Tuaneca	5.557868	-73.201496	2773	Paola Corrales	12
2	Boyacá	Toca	Tuaneca	5.55830	-73.20129	2784	Paola Corrales	12
3	Boyacá	Toca	El mirador	5.606240	-73.142370	2802	Organización Asorquidea	6
4	Boyacá	Toca	Cunuca	5.599270	-73.16000	2772	María del Pilar Rodriguez	6.5
5	Boyacá	Toca	San Francisco	5.579650	-73.231000	2802	Jhon Fredy Bernal	5
1	Cundinamarca	Villapinzón		5,26208	-73,58801	2784	Centro Agroindustrial de la papa	12

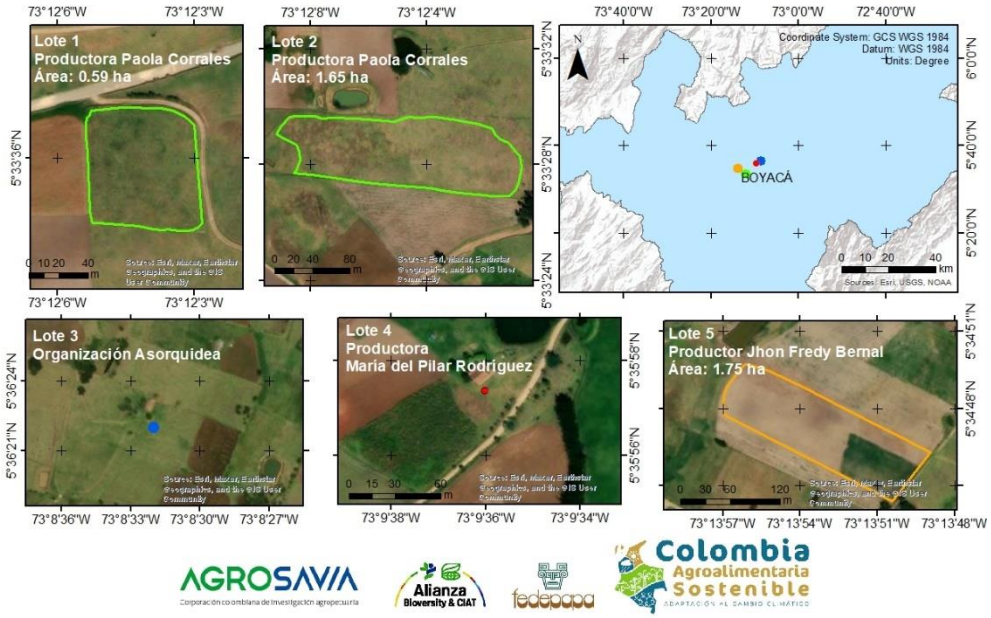


Figura 48. Lotes evaluados para establecimiento de ensayos experimentales en el departamento de Boyacá. **Fuente:** Propia

En el caso del departamento de Cundinamarca, además del lote donde se espera establecer el ensayo experimental, se visitó un lote que podría ser usado para calibrar las variables que alimentan el modelo DSSAT, en el cual actualmente se encuentra establecido un cultivo de Diacol Capiro.

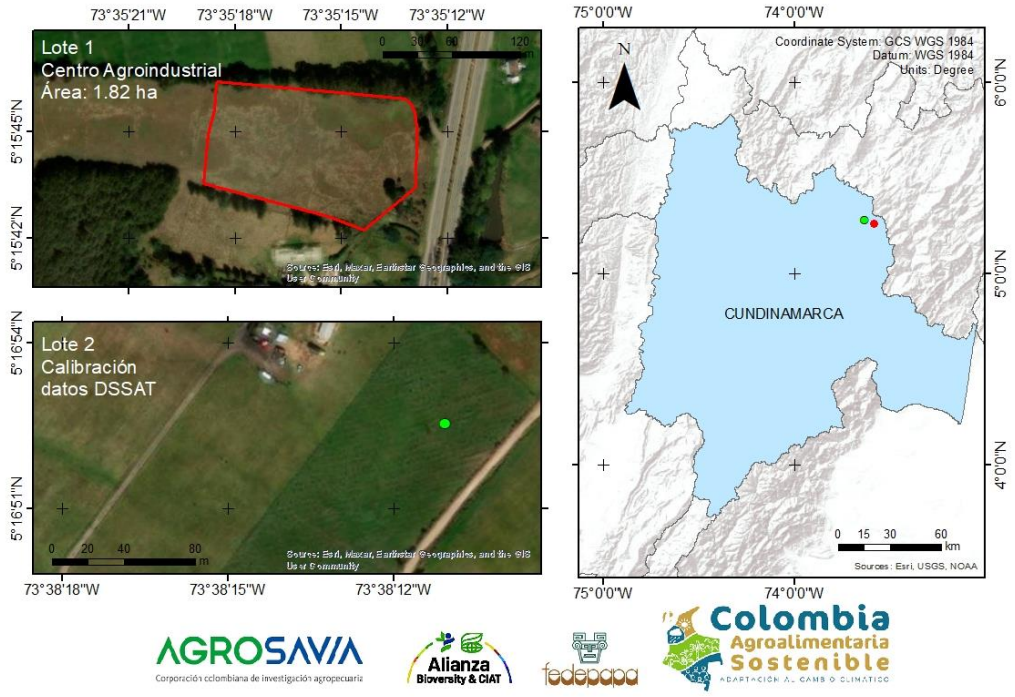


Figura 49. Lotes evaluados en el departamento de Cundinamarca. **Fuente:** Propia

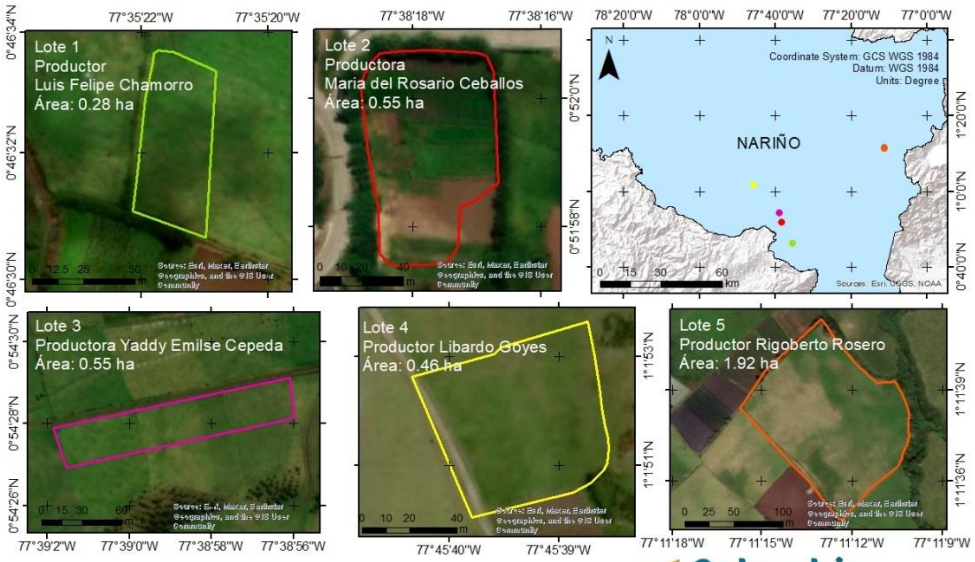
Visita departamento de Nariño.

De igual forma, durante el mes de noviembre se realizó el recorrido por algunos municipios del departamento de Nariño, teniendo en cuenta las cifras reportadas por las EVA 2022 de los principales municipios productores de papa por área sembrada en este departamento. Se visitaron un total de 10 predios representativos del sistema productivo, en la búsqueda del sitio con mejores condiciones en cuanto a sistemas de riego, fácil acceso, espacio seguro para el establecimiento de una estación meteorológica y disponibilidad e interés del productor para hacer parte del proyecto. Al igual que en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, se tomaron datos de ubicación y muestras para análisis de suelo.

Información de lotes visitados en el departamento de Nariño. **Fuente:** Propia

N°	Depto	Municipio	Vereda	Coordenadas		Altitud	Productor	Área total de la finca (Ha)
				Latitud	Longitud			
1	Nariño	Potosí	Cuaspud Núcleo	0.775658	-77.58930	3030	Luis Felipe Chamorro Quiñones	5
2	Nariño	Pupiales	La Concordia	0.866520	-77.638263	2970	Maria del Rosario Ceballos	2
3	Nariño	Pupiales	Chires sur	0.907840	-7.764.975	3120	Yaddy Emilse Cepeda	13
4	Nariño	Guachucal	Chimangual	1.030992	-77.760951	3190	Libardo Goyes	21
5	Nariño	Pasto	Laguna Seca	11.939.410	-77.186.919	3043	Rigoberto Rosero	19
6	Nariño	Túquerres	El Manzano	1.086312	-77.65972	3269	Yiovanny Lopez	4

7	Nariño	Túquerres	El Manzano	1.085742	-77.658855	3269	Yiovanny Lopez	4
8	Nariño	Pasto	Catambuco - papa	11.640.582	-77.308.767	2973	Hernan Dario Maigual	17
9	Nariño	Pasto	Catambuco - Cebada	1.163199	-77.30882	2974	Hernan Dario Maigual	17
10	Nariño	Pasto	Gualmatán	1.169.946	-77.312.773	3027	Hernan Dario Maigual	8
11	Nariño		Catambuco	11.659.417	77.301.997	2980	Leonel Timaran	5



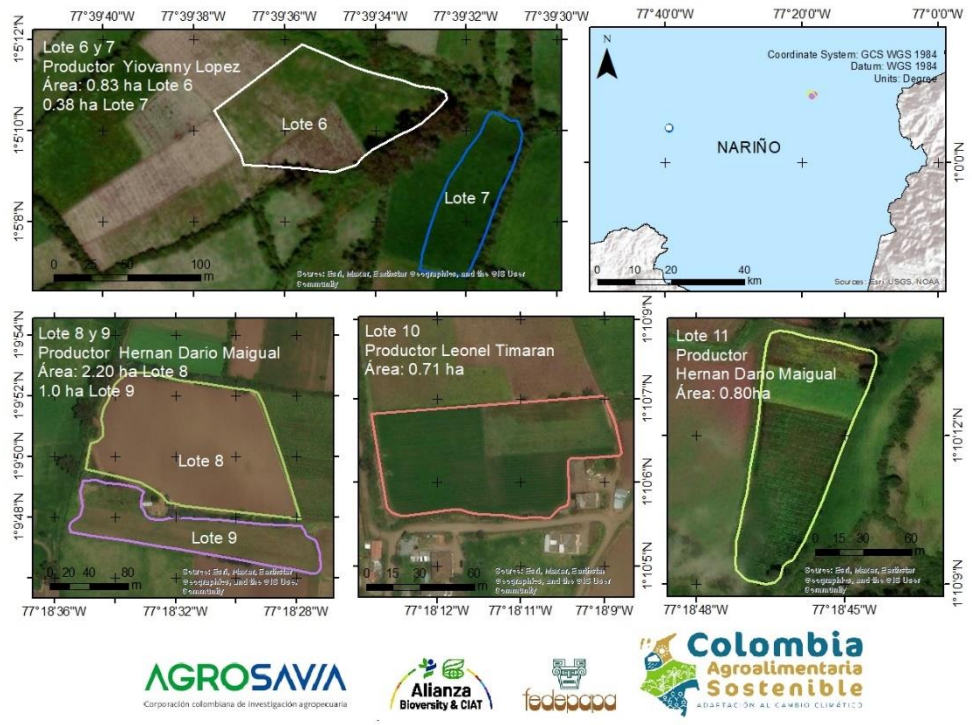


Figura 50. Lotes evaluados en el departamento de Nariño. **Fuente:** Propia

Manejo del cultivo

A través de una entrevista semiestructura de 33 preguntas se recolecto información preliminar sobre el manejo del cultivo, con el fin de definir la información requerida para alimentar el modelo DSSAT. Para el caso de Cundinamarca y Boyacá, los recorridos realizados permitieron conocer que la variedad que más se cultiva en estas zonas es Diacol Capiro, los seis lotes visitados cuentan con sistema de riego de diferente origen como reservorios, nacimientos de agua y el acueducto veredal; el tipo de riego que se utiliza es por aspersión con un rango de 8horas/día. En cuanto al manejo se realiza rotación de cultivos con cebada y trigo y se manejan dos fertilizaciones en el ciclo de cultivo al momento de la siembra y en el aporque, para un total de 40 bultos de fertilizante por hectárea, los fertilizantes más utilizados por los productores incluyen fertilizantes balanceados en una proporción de 10-30-10, 13 – 26 -6 y 15-15-15 en la primera fertilización y 10 –20 -30 para la segunda de N, P, K. El número de aplicaciones sanitarias oscila entre 13 y 16 aplicaciones según el comportamiento del clima que puede influenciar el manejo sanitario, estas se realizan tanto en follaje como en drench a la raíz con diferentes insecticidas y fungicidas.

En cuanto al departamento de Nariño, fue posible observar que las variedades más cultivadas en estas zonas son Diacol Capiro, Superior y Criolla Colombia, el riego proviene de nacimientos de agua dentro de los mismos predios a excepción de la finca visitada en el municipio de Potosí, la cual no cuenta con sistema de riego; el sistema más utilizado es por aspersión manejando un rango que varía entre seis y ocho horas al día, con tiempos de dos horas sitio. Debido a la problemática sanitaria de punta morada de la papa en este departamento y las pérdidas que está a generado en el sector papero las aplicaciones sanitarias están entre 16 y 20 y en algunos casos superan las 20 aplicaciones.

La rotación de cultivos se maneja con arveja y pastos para ganadería de leche. Durante el ciclo del cultivo se realizan dos fertilizaciones, la primera a emergencia que es aproximadamente entre los quince y veinte días

después de la siembra y la segunda en el aporque a los sesenta días, el fertilizante más utilizado para la primera fertilización es 13-26-6 de NPK y para la segunda fertilización se utiliza 10-20-20 y 15-15-15, para un total de 35 bultos de fertilizante por hectárea. Fue posible observar que para la mayoría de lotes de esta zona la preparación y surcado del terreno se realiza de forma mecanizada. Finalmente, teniendo en cuenta la posibilidad del establecimiento de los ensayos experimentales el próximo año y según la disponibilidad e interés de los productores de hacer parte del proyecto, se tomaron muestras de suelo en los lotes sugeridos por los productores. Para esto se seleccionaron diferentes puntos de manera aleatoria en zig zag para una distribución representativa de las muestras. Se uso un palín a una profundidad entre 25 y 30 cm, extrayendo una submuestra representativa del suelo, la cual se mezcló de forma homogénea para tomar en una bolsa una muestra de 1 kg para ser enviada al laboratorio de análisis de suelos del C.I Tibaitatá de Agrosavia.

Figura 51. Registro fotográfico, recorrido Cundinamarca y Boyacá. **Fuente:** Propia

Figura 52. Registro fotográfico, recorrido Departamento de Nariño. **Fuente:** Propia

REFERENCIAS

Fensterseifer, C. A., Streck, N. A., Baigorria, G. A., Timilsina, A. P., Zanon, A. J., Cera, J. C., & Rocha, T. S. M. (2017). On the number of experiments required to calibrate a cultivar in a crop model: The case of CROPGRO-soybean. *Field Crops Research*, *204*, 146–152. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.007

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2001). *Estudio General de Suelos del Departamento de Cundinamarca*.

Conclusiones

Las actividades realizadas en el periodo reportado permitieron tener bases para establecer un procedimiento estandarizado y reproducible para calibrar el modelo DSSAT en 5 materiales de papa que en su momento será ajustado a las condiciones climáticas, edáficas y de manejo agrícola de cada subregión.

Las sesiones de capacitación lideradas por un experto internacional en modelación agrícola mejoraron las competencias técnicas de los investigadores participantes. Esto facilitará el uso de DSSAT en la calibración de los materiales de papa para las diferentes regiones.

El reconocimiento de las características agroclimáticas, edáficas y de manejo agrícola específicas de cada municipio y región papera es fundamental para diseñar estrategias efectivas de calibración de modelos y la implementación de buenas prácticas. Las visitas realizadas a los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Nariño permitieron identificar variaciones significativas en sistemas de riego, rotación de cultivos, fertilización, manejo fitosanitario, entre otras prácticas culturales, las cuales impactan tanto en la productividad como en las emisiones de GEI. Esta información es clave para planificar ensayos experimentales representativos, asegurar la adaptabilidad de los modelos a condiciones locales y promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la huella de carbono del cultivo de papa.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Ampliación y Mejora de la Calibración del Modelo DSSAT para lo cual se deben implementar los experimentos en las regiones seleccionadas de los 4 departamentos para incorporar mayor variabilidad geográfica y de condiciones propias de sistema productivo.

Ajustar y validar los coeficientes genéticos y parámetros de manejo agrícola utilizando datos nuevos y existentes de acuerdo con los materiales de papa que se definan el próximo año.

Fortalecimiento de Capacidades Técnicas:

Continuar con la capacitación en uso y calibración del DSSAT, integrando herramientas adicionales de análisis como Python y R para optimizar el flujo de trabajo.

Trabajar con los productores para reducir emisiones de GEI mediante la optimización del uso de fertilizantes, manejo del riego y reducción de aplicaciones sanitarias.

Monitorear los resultados de las simulaciones y ajustar los protocolos y metodologías según los datos obtenidos.
Validar las simulaciones realizadas con DSSAT frente a datos independientes de campo.

Evidencias – Anexos

Anexo 1.4.2_1.1 Asistentes primera se

Anexo 1.4.2_1.2 Asistentes segunda se

Anexo 1.4.2_ 1.3 Consolidado de clases

Anexo 1.4.2_2 Ruta de toma de datos.doc

Tabla 32. Documentos de investigación: Documento conciliado interinstitucional que contiene el primer acercamiento de diagnóstico de plataformas y ruta de trabajo sistema Papa

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF
Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1)
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Generar oferta tecnológica y conocimiento por parte de los productores para la adaptación y mitigación del cambio climático.
Justificación
El presente producto contribuye a la Subactividad: Diseño o ajuste de plataformas para la captura, almacenamiento y difusión de información: cuyo producto para el 2024 se describe como: Reporte/documento de diagnóstico de plataformas disponibles en Agrosavia, Fedepapa y MADR y de sus repositorios de datos, previa verificación de accesibilidad de los datos.
Antecedentes
El reporte anterior incluía una descripción de las herramientas computacionales disponibles que pudieran ser utilizadas en una plataforma de apoyo para el sistema productivo papa. También se relacionaba el primer acercamiento a la definición de requerimientos de usuario, de sistema, funcionales y no funcionales para la plataforma enfocada en este sistema productivo, al igual que una primera aproximación a la definición de la lógica de negocio y modelo de dominio.
Metodología
• Se realizaron mesas de discusión con representantes de CIAT y FEDEPAPA, con el objetivo de entender y formalizar la lógica de negocio y obtener la información para identificar las necesidades del gremio papero y las motivaciones de los usuarios finales (productores, extensionistas, investigadores científicos), entendiendo el contexto de tal manera que se pueda identificar el tipo de información clave que debe tener una plataforma para agregar valor y apoyar los procesos de toma de decisiones con respecto al sistema productivo papero. • En conjunto con representantes del CIAT se realizaron talleres de discusión enfocados en la arquitectura del sistema, con el fin de generar los diagramas de nivel 1 (contexto del sistema) y nivel 2 (componentes de contenedores) evidenciando la vinculación de los productos digitales de cada una de las instituciones de manera integrada con enfoques de servicios climáticos y agricultura digital
Resumen ejecutivo
El presente reporte incluye la formalización de requerimientos de usuario, de sistema, funcionales y no funcionales, basada en una nueva ronda de discusiones con actores clave del sistema productivo de la papa, como FEDEPAPA. A partir de esta nueva formalización de requerimientos, se generaron los mockups que permiten visualizar un acercamiento preliminar al diseño de interfaces que plasman los requerimientos de usuario, pero que deben ser validadas con los usuarios finales (productores y/o asistentes técnicos) para obtener retroalimentación en cuanto a usabilidad de los productos computacionales en fase de diseño. Se presenta también la arquitectura preliminar del sistema con diagramas de nivel 1 (diagramas de contexto del sistema) y nivel 2 (diagramas de componentes de contenedores) tanto para la línea de servicios agroclimáticos como para la línea de agricultura digital

Descripción
Actualización de requerimientos En esta sección se presenta la actualización de requerimientos de usuario, de sistemas, funcionales y no funcionales (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, respectivamente) colectados en torno a las líneas de agricultura digital y servicios climáticos para el sector productivo de papa y desarrollados en mesas de discusión con FEDEPAPA. *Requerimientos de usuario para sistema productivo papa*

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
RU-PP-01 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de datos históricos climáticos, principalmente pero no limitado a las variables precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, en diferentes escalas temporales (diaria, semanal, mensual), para un área geográfica seleccionada por el usuario.
RU-PP-02 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de predicciones climáticas tanto estacionales como subestacionales de las variables climáticas precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, para un área geográfica seleccionada por el usuario.
RU-PP-03 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe indicar cuando exista una alerta de ocurrencia de heladas, o eventos de exceso o déficit hídrico, al igual que recomendaciones de riego para enfrentar estos eventos. Las alertas tempranas deben estar espacializadas para las zonas productoras de papa.
RU-PP-04 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de alertas tempranas de presencia de plagas y enfermedades, basado en los disparadores climáticos y las características propias del cultivo.
RU-PP-05 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la interacción con los usuarios (productores y/o asistentes técnicos) para que a través de formularios simples puedan ingresar información sobre las condiciones propias de sus fincas en un momento determinado (Ej. Precipitación registrada para efectos de contrastación de datos de estaciones meteorológicas)
RU-PP-06 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de precios estimados de la papa para un área geográfica seleccionada por el usuario, al igual que la interacción con los productores de tal manera que se pueda ingresar en el sistema el precio real obtenido en un momento determinado. Debe permitirse además el ingreso de la información correspondiente a costos de producción por parte de los productores, clasificados por costos de mano de obra, semilla, fertilización, gestión de plagas y enfermedades, transporte y otros. Además, debe permitir la visualización de los promedios de costos por municipio, por departamento y nacional.
RU-PP-07 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir a los productores y/o asistentes técnicos el registro de un lote de producción incluyendo datos de georeferenciación, fecha de siembra y variedad sembrada. A partir de ese registro debe visualizarse un calendario de prácticas agronómicas dinámico, con sugerencia de fechas de prácticas culturales, de acuerdo con las condiciones esperadas, además de generar recordatorios de prácticas culturales.
RU-PP-08 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la vinculación de empresas comerciales y el despliegue de posibles oportunidades de colaboración con los productores. Igualmente, el sistema debe visualizar un catálogo de empresas relacionadas con el sector, como posibles compradores de producto o proveedores de insumos para el cultivo.

RU-PP-09 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe proveer una estimación dinámica de cosecha a partir de los datos ingresados por los productores y/asistentes técnicos, utilizando herramientas de modelación de cultivos como DSSAT.
RU-PP-010 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de los datos disponibles de variables edáficas como capacidad de almacenamiento de agua de suelo, pH, fertilidad, entre otras, de manera espacial. Igualmente debe permitir el ingreso de datos de estudios de suelos propios de las fincas registradas y a partir de ellos realizar recomendaciones de manejo de suelos.
RU-PP-011 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-12-05	El sistema debe permitir la visualización de recomendaciones prácticas de bajo costo que permitan mejoras marginales en la productividad del sistema productivo de papa, con enfoque en pequeños productores con recursos limitados.

Requerimientos de sistema para el sistema productivo papa

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	PADRE
RS-PP-01 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Centralización de información: El sistema debe centralizar datos de múltiples fuentes (clima, plagas, suelos, precios) en una plataforma accesible para los usuarios, permitiendo visualizaciones y consultas en tiempo real.	RU-PP-01 RU-PP-02 RU-PP-03 RU-PP-04 RU-PP-06
RS-PP-02 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Recolección de datos: El sistema debe ser capaz de integrar datos de diversas fuentes como estaciones meteorológicas, sensores de humedad, bases de datos de precios, e información ingresada por los agricultores para mejorar la precisión del análisis y las recomendaciones.	RU-PP-05 RU-PP-07 RU-PP-08 RU-PP-09

Requerimientos funcionales para sistema productivo papa

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	PADRE
RF-PP-01 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Alertas en tiempo real: El sistema debe notificar a los usuarios cuando se detecten riesgos de déficit o exceso hídrico, o cuando se prevea la aparición de plagas o enfermedades en función de las condiciones climáticas	RS-PP-01
RF-PP-02 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Formulario para retroalimentación: Los agricultores deben tener la capacidad de ingresar datos simples (por ejemplo, si llovió en su área) mediante un formulario accesible desde la plataforma.	RS-PP-02
RF-PP-03 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Interfaz de usuario amigable: El sistema debe tener una interfaz intuitiva que permita a los usuarios de diferentes niveles técnicos navegar y acceder a la información de manera fácil.	RS-PP-01 RS-PP-02
RF-PP-04 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Visualización de mapas de suelos: Los usuarios deben poder generar y visualizar mapas de propiedades del suelo, como pH y contenido de nutrientes	RS-PP-01
RF-PP-05 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Colaboración empresarial: El sistema debe permitir la interacción entre agricultores y grandes empresas (como McCain, PepsiCo) y proveer información sobre cómo estas empresas pueden colaborar o comprar productos.	RS-PP-01 RS-PP-02
RF-PP-06 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Calendario ajustado a fechas de siembra: El sistema debe generar un calendario de prácticas agrícolas que se ajuste dinámicamente a las diferentes fechas de siembra propuestas por los	RS-PP-02

	productores, sugiriendo momentos apropiados para las labores culturales.	
RF-PP-07 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Simulación y recomendaciones predictivas: El sistema debe incluir una calculadora predictiva que ofrezca recomendaciones basadas en el comportamiento proyectado del clima y las prácticas agrícolas.	RS-PP-02

Requerimientos no funcionales para el sistema productivo papa

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
RN-PP-01 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Escalabilidad: El sistema debe ser escalable para manejar grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples fuentes (climáticas, suelos, precios, etc.), así como la retroalimentación de muchos usuarios simultáneamente.
RN-PP-02 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Disponibilidad: La plataforma debe estar disponible en todo momento para garantizar el acceso a información crítica en tiempo real.
RN-PP-03 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Seguridad: El sistema debe proteger la privacidad de los datos ingresados por los usuarios, asegurando que la información personal y de las fincas no se comparta sin consentimiento.
RN-PP-04 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Sostenible: La plataforma debe ser fácil de actualizar para incorporar nuevas funciones o mejorar las existentes, como la integración de nuevos modelos predictivos o la ampliación de la base de datos de suelos.
RN-PP-05 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Accesibilidad: La plataforma debe ser accesible desde dispositivos móviles, ya que muchos agricultores dependen de estos dispositivos para acceder a la información en el campo.
RN-PP-06 AGROSAVIA, FEDEPAPA 2024-10-01	Interoperabilidad: El sistema debe ser capaz de integrarse con otras plataformas ya existentes (como las de Agrosavia), permitiendo el intercambio de datos para mejorar las recomendaciones y análisis.

Mockups

A continuación, se presentan Mockups de baja fidelidad para el sistema productivo de papa, con el objetivo de proporcionar un entendimiento visual preliminar, enfocado en algunos aspectos relevantes de los requerimientos levantados, sin detallar aspectos de diseño o funcionalidad avanzada.

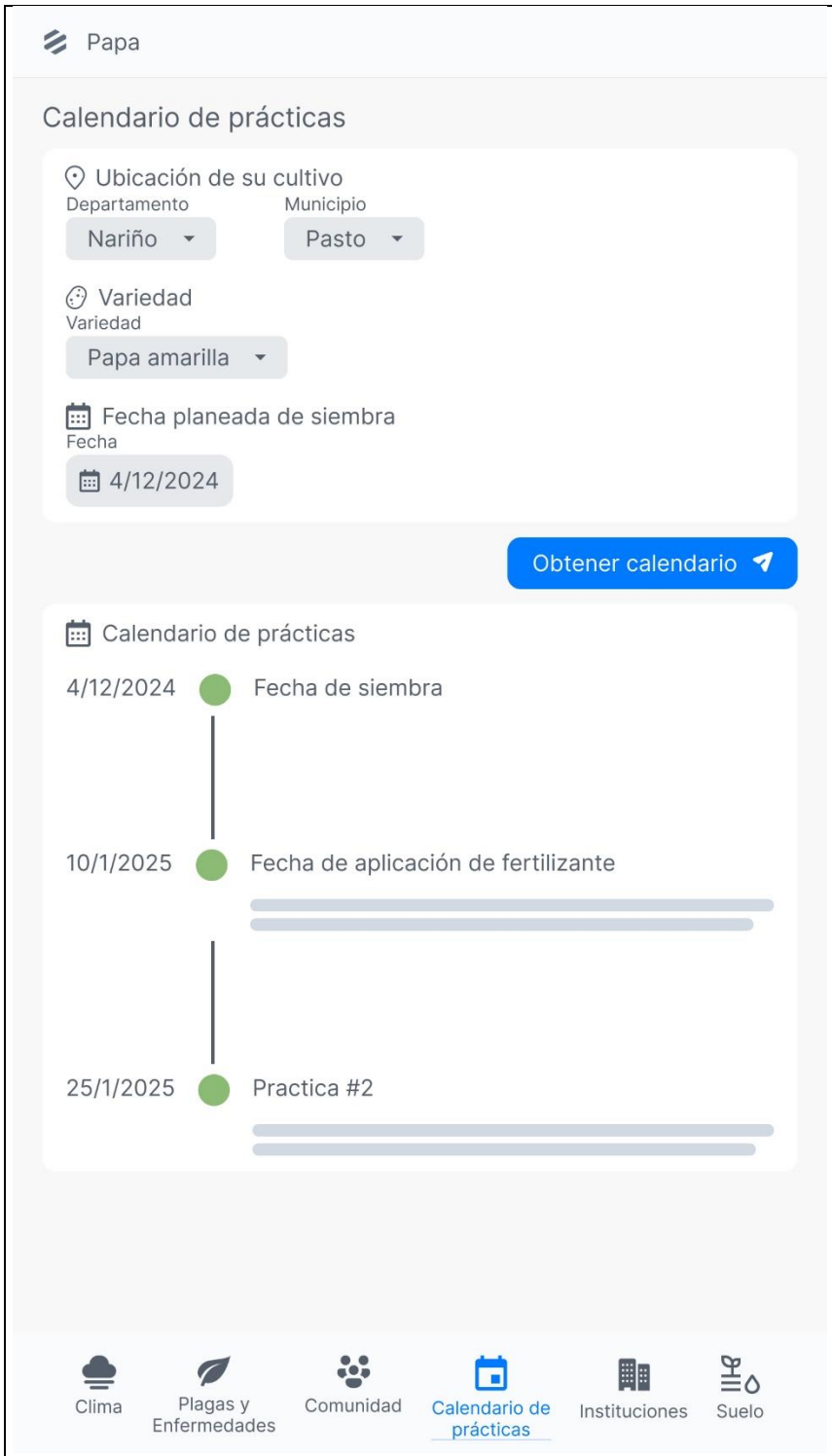


Ilustración 1. Mockup de calendario de prácticas para el sistema productivo papa.

Ilustración 2. Mockup de gestión de plagas y enfermedades sistema productivo papa

Ilustración 3. Mockup de alerta climática para el sistema productivo papa.

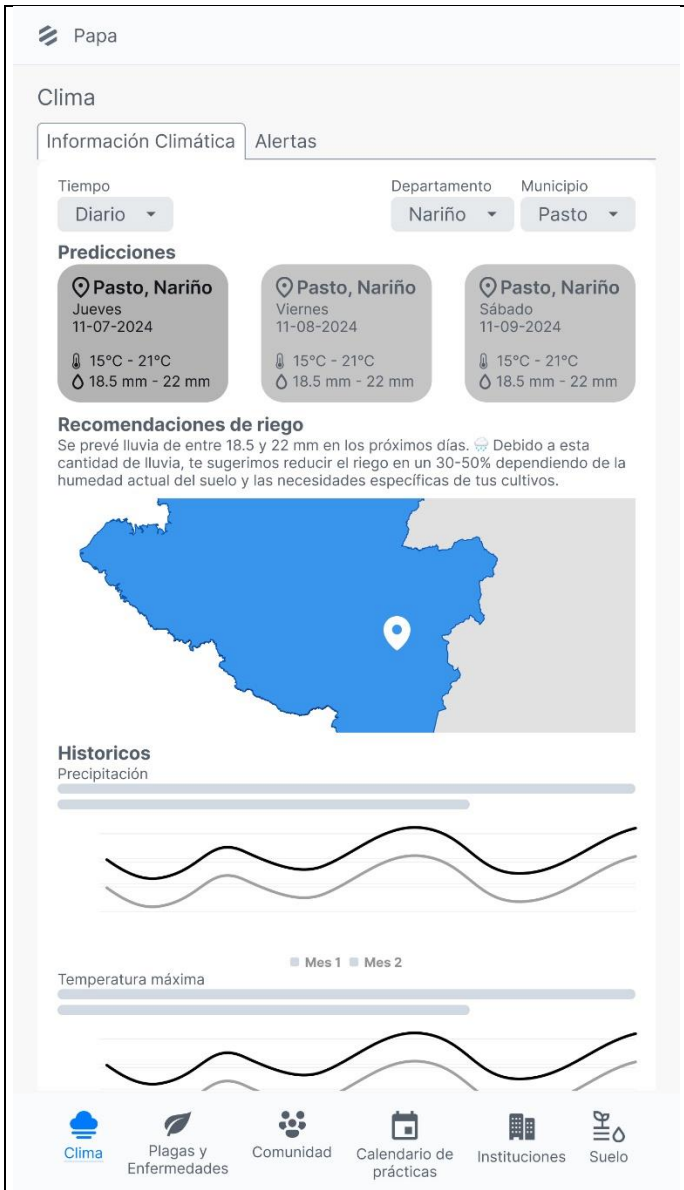


Ilustración 4. Mockup de información climática para el sistema productivo papa.

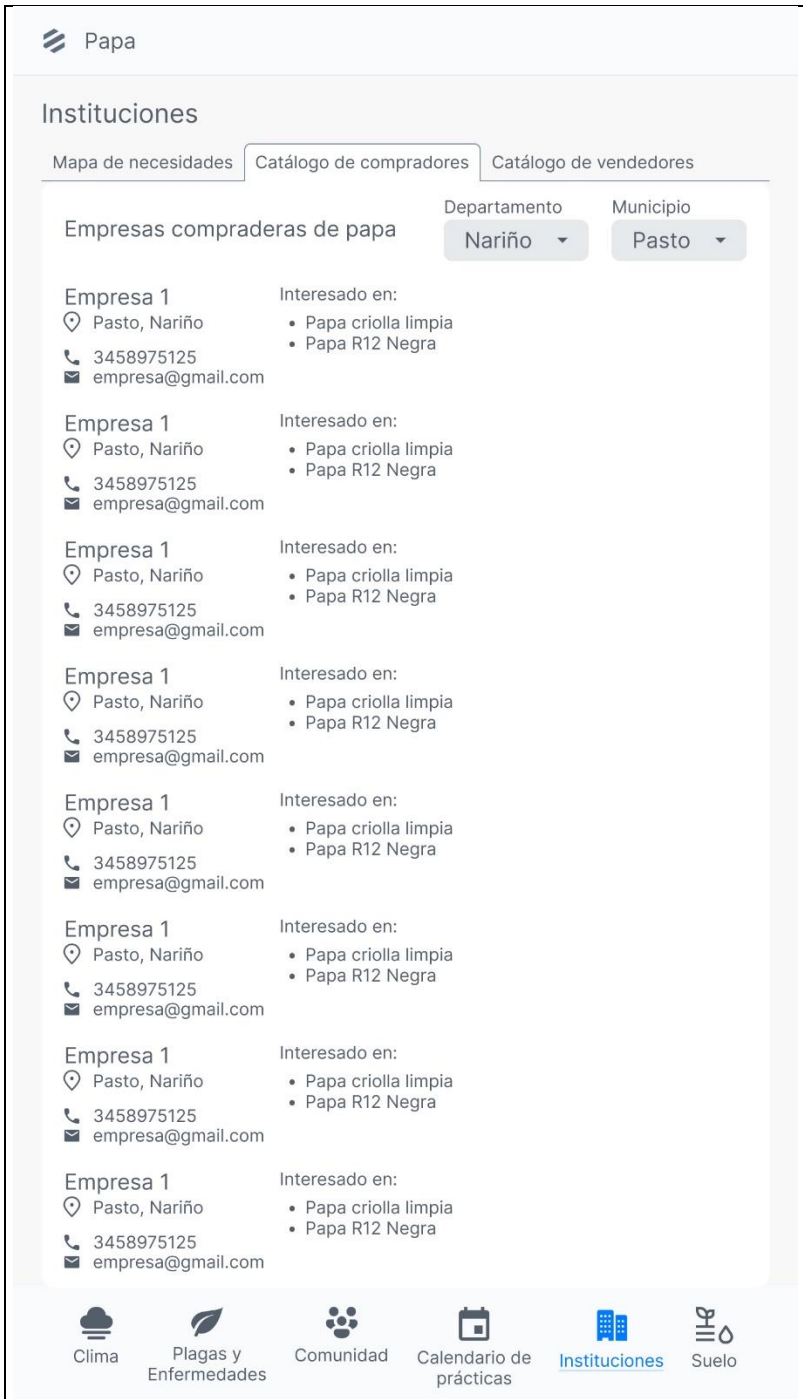


Ilustración 5. Mockup de interacción con empresas compradoras de papa

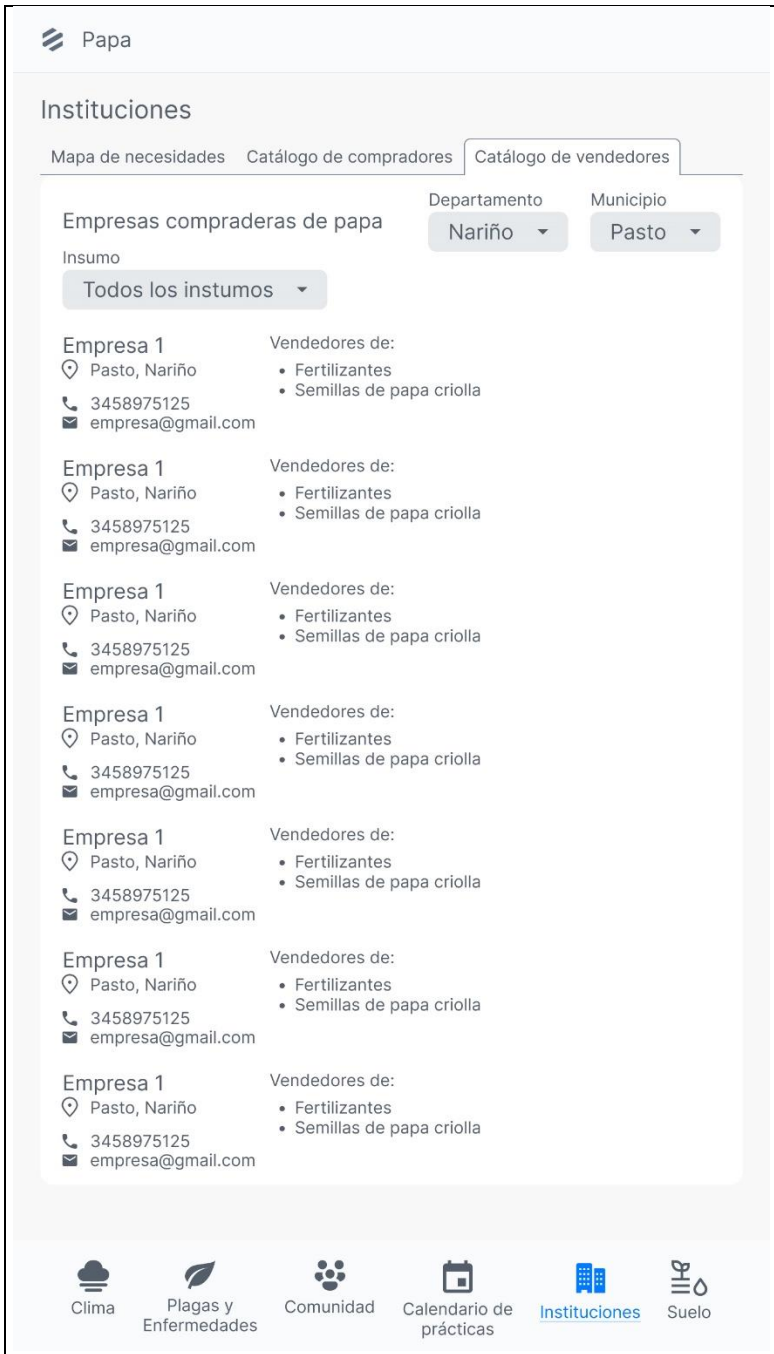


Ilustración 6. Mockup interacción con empresas vendedoras de insumos sistema productivo papa

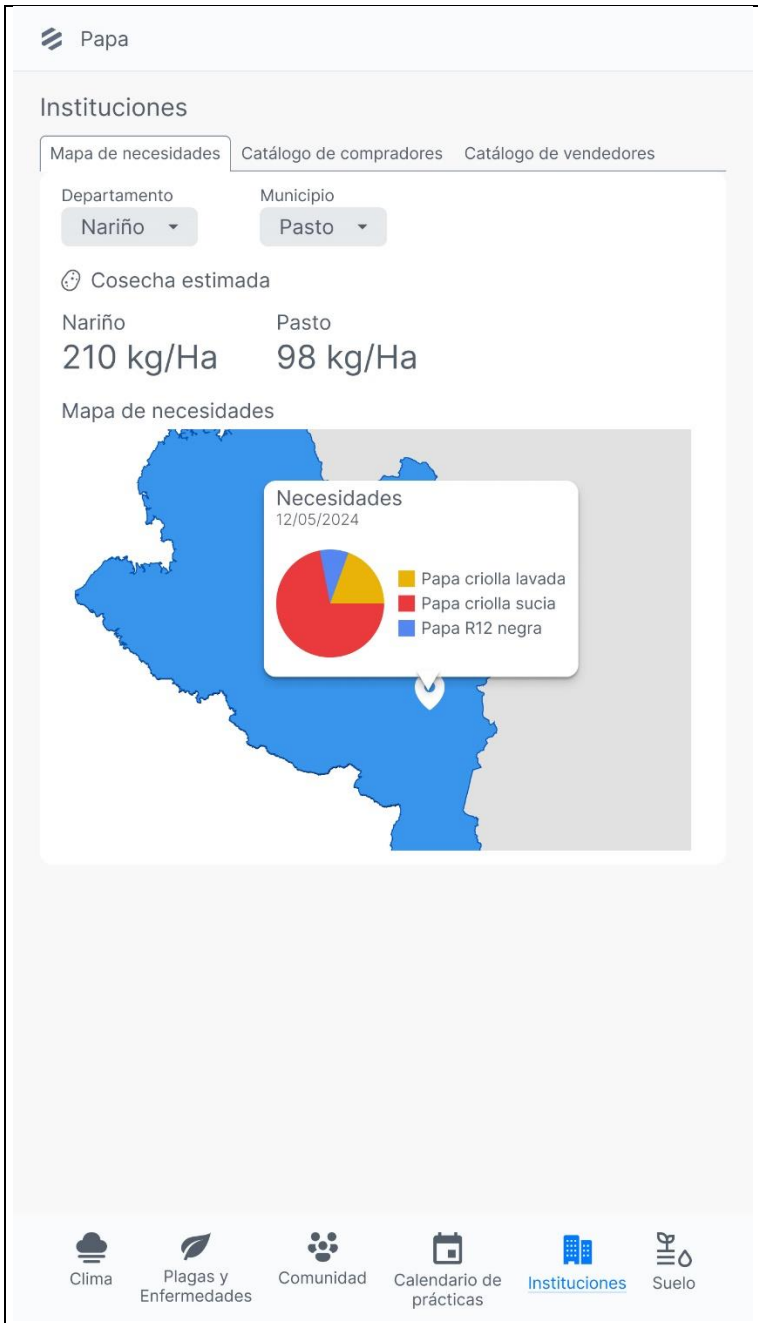


Ilustración 7. Mockup del mapa de necesidades de producto (sistema productivo papa)

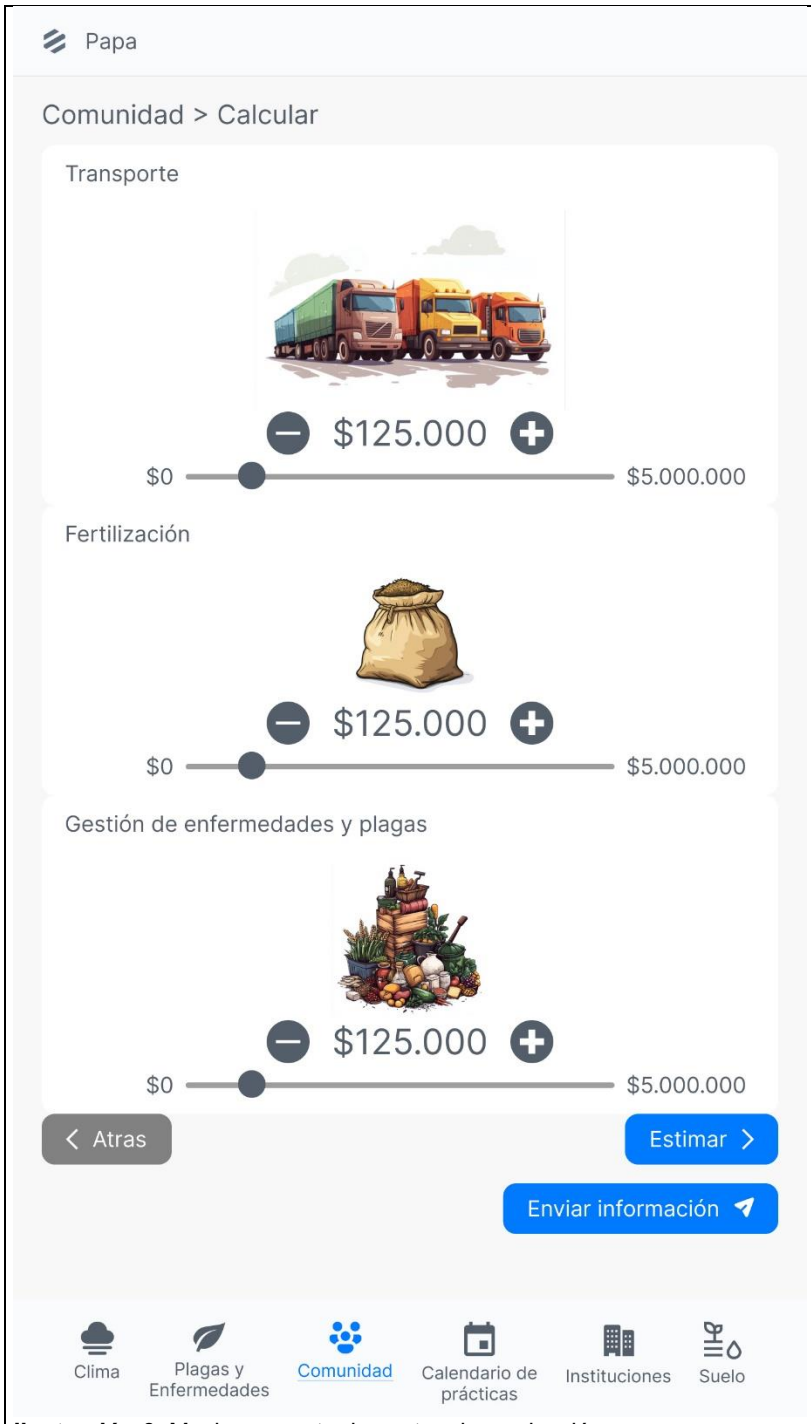


Ilustración 8. Mockup reporte de costos de producción

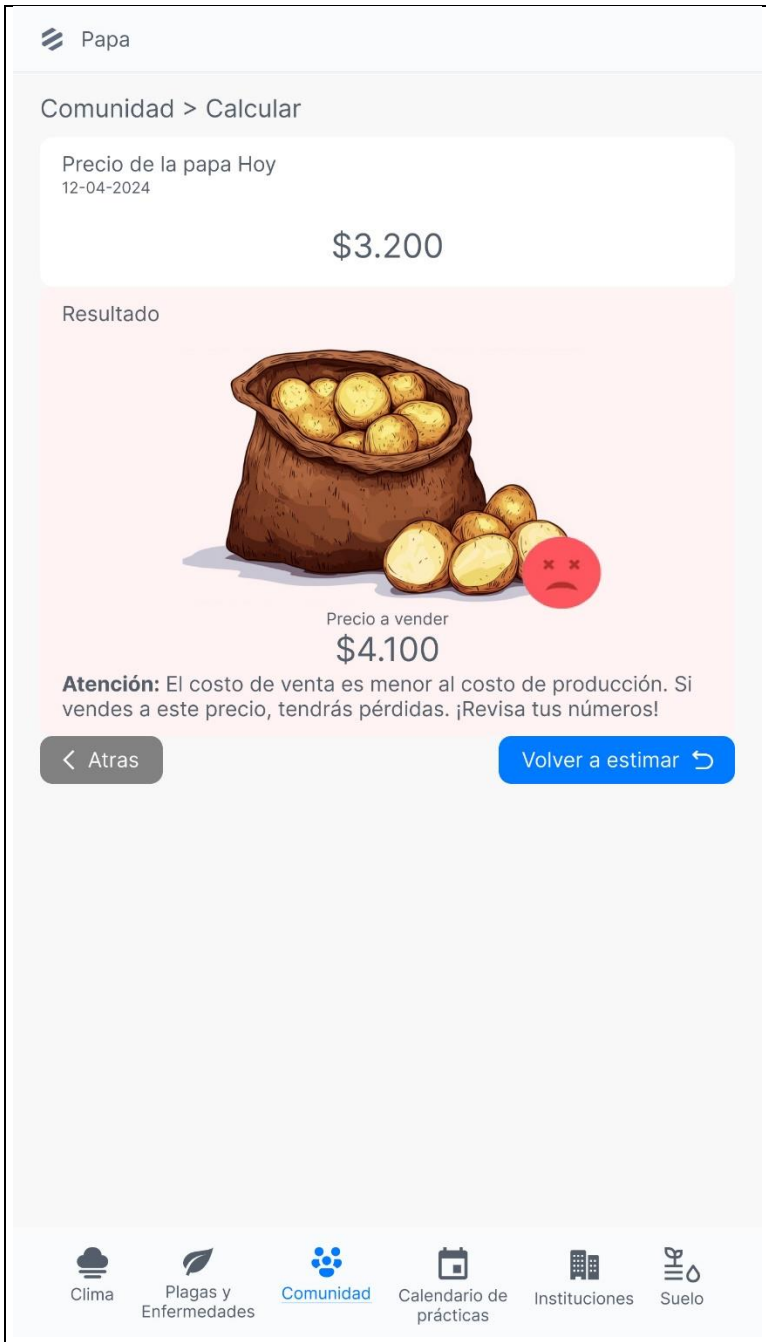


Ilustración 9. Mockup del reporte de precio de venta.

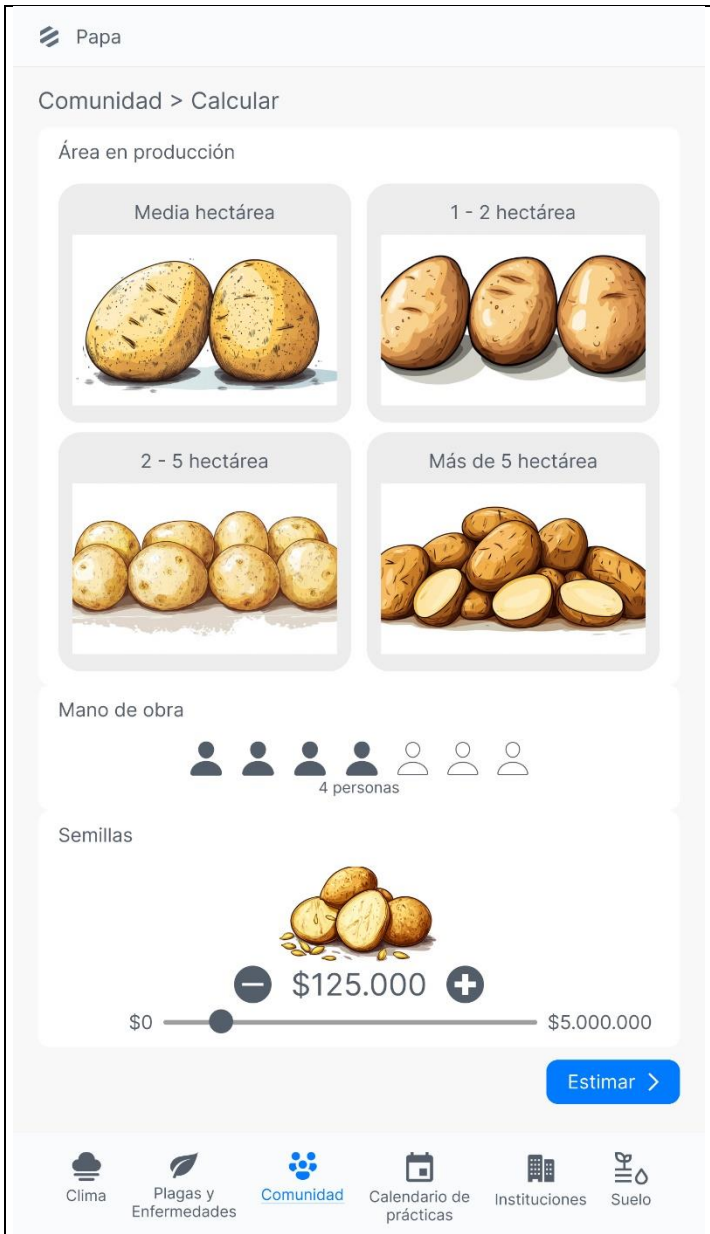


Ilustración 10. Mockup reporte de costos de producción (semilla, mano de obra)

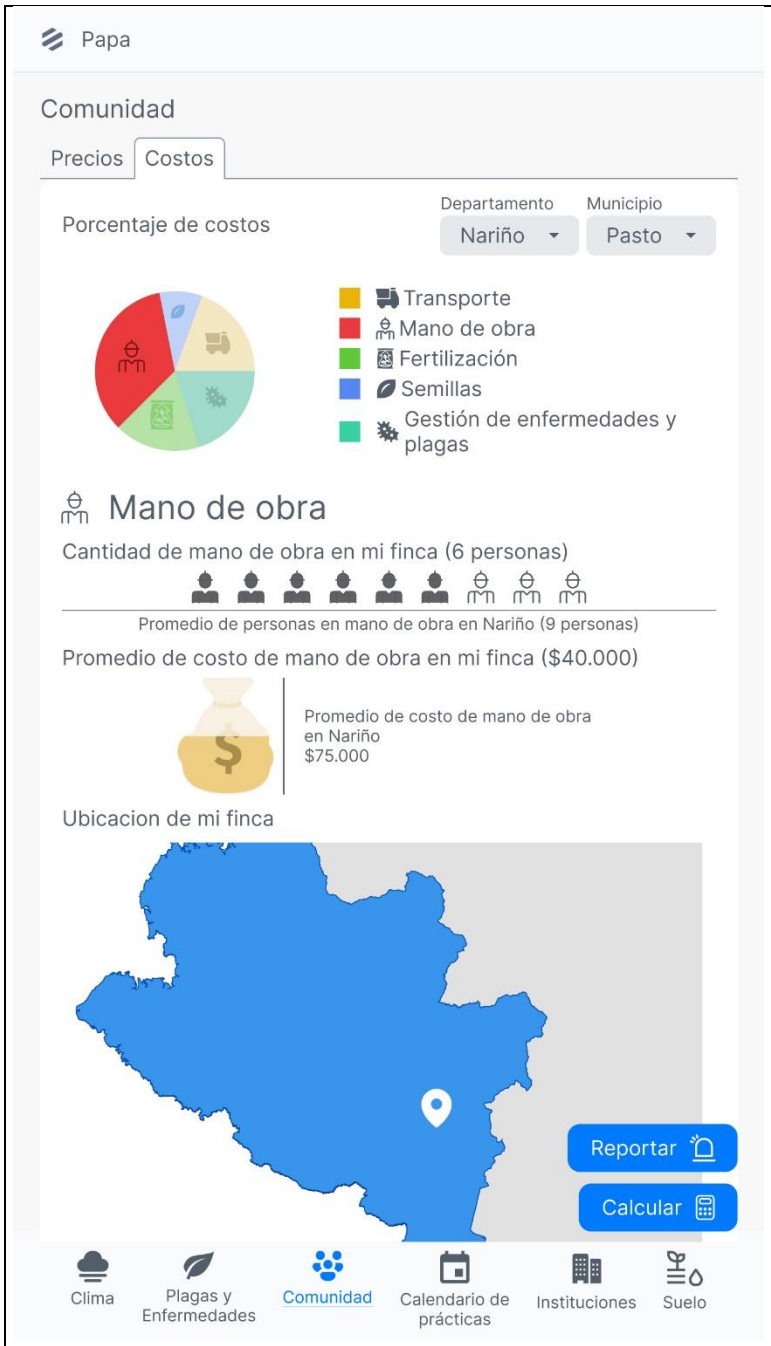


Ilustración 11. Mockup visualización de costos de producción sistema productivo papa

Ilustración 12. Mockup visualización precio actual e histórico por zona

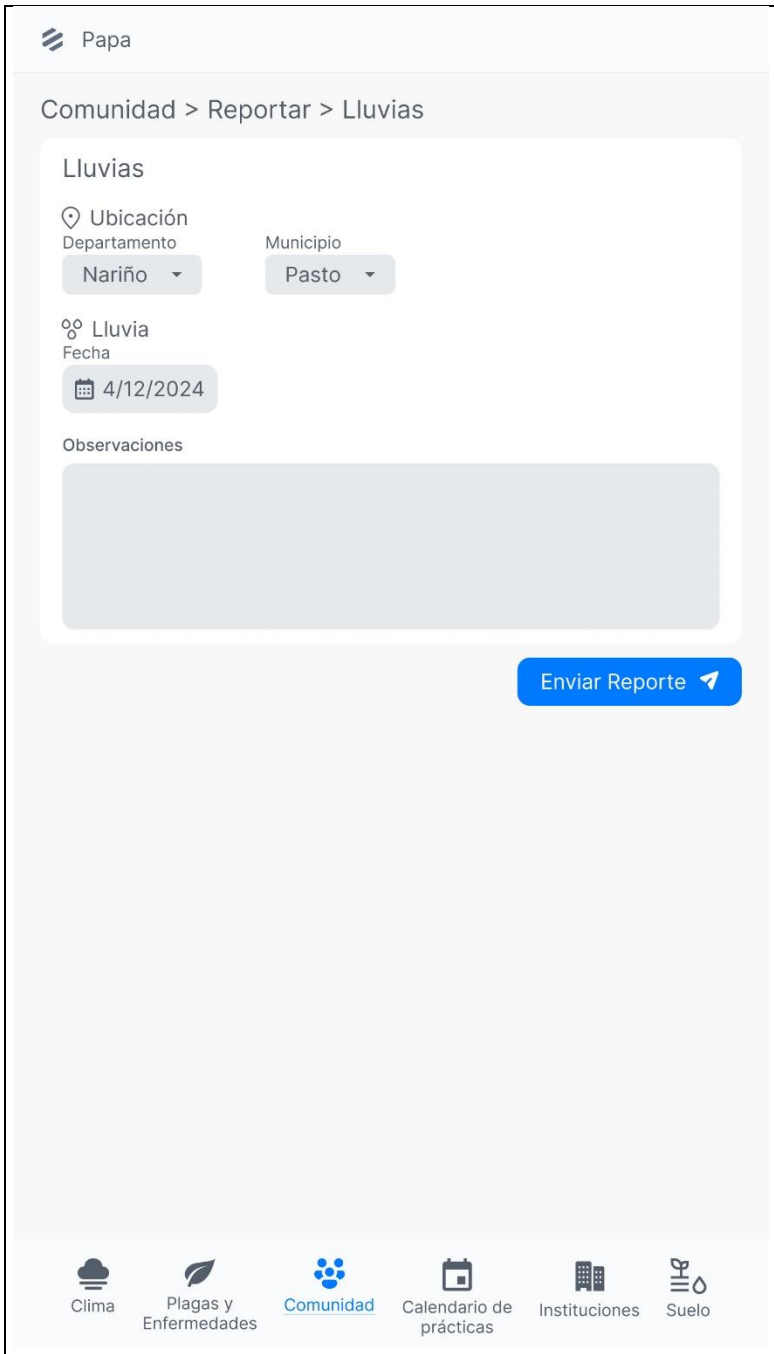


Ilustración 13. Mockup reporte de precipitación por productor.

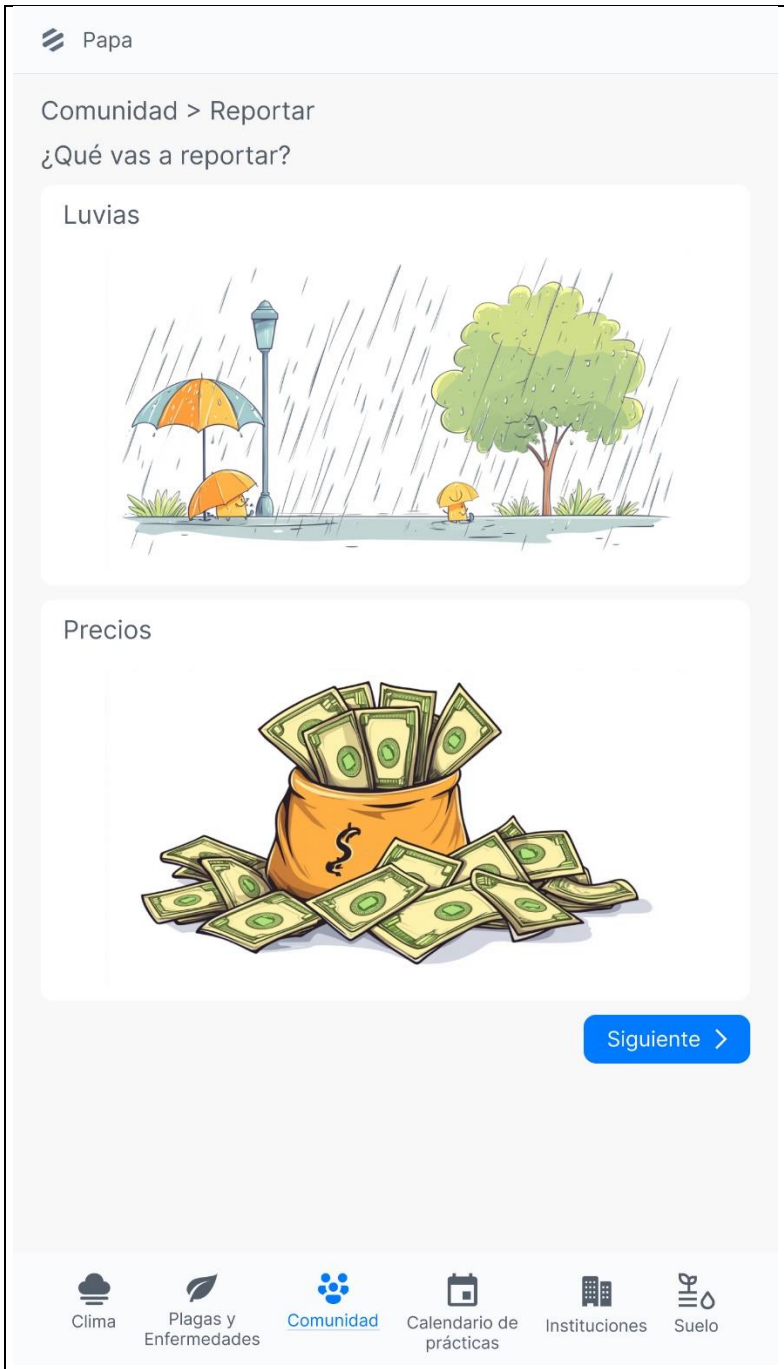


Ilustración 14. Mockup reportes desde campo sistema productivo papa

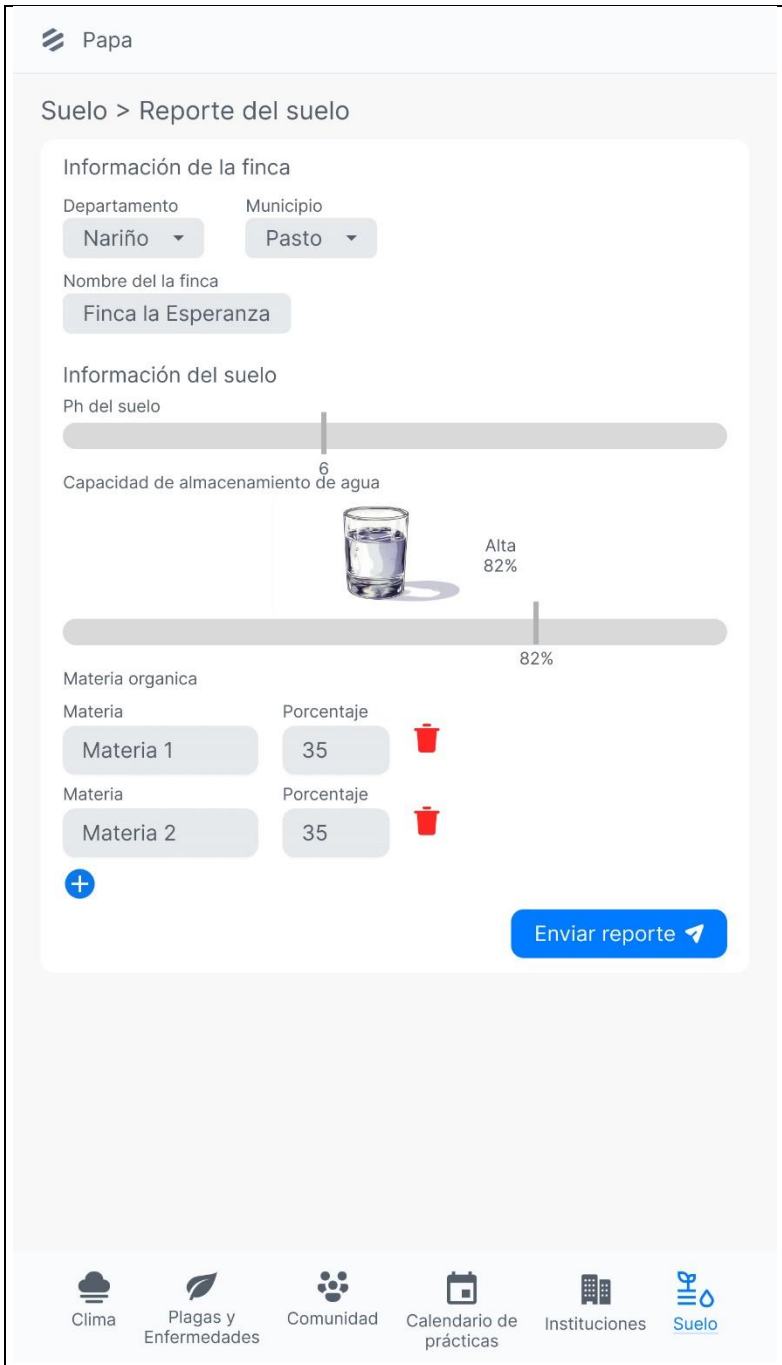


Ilustración 15. Mockup reporte de análisis de suelo sistema productivo papa.

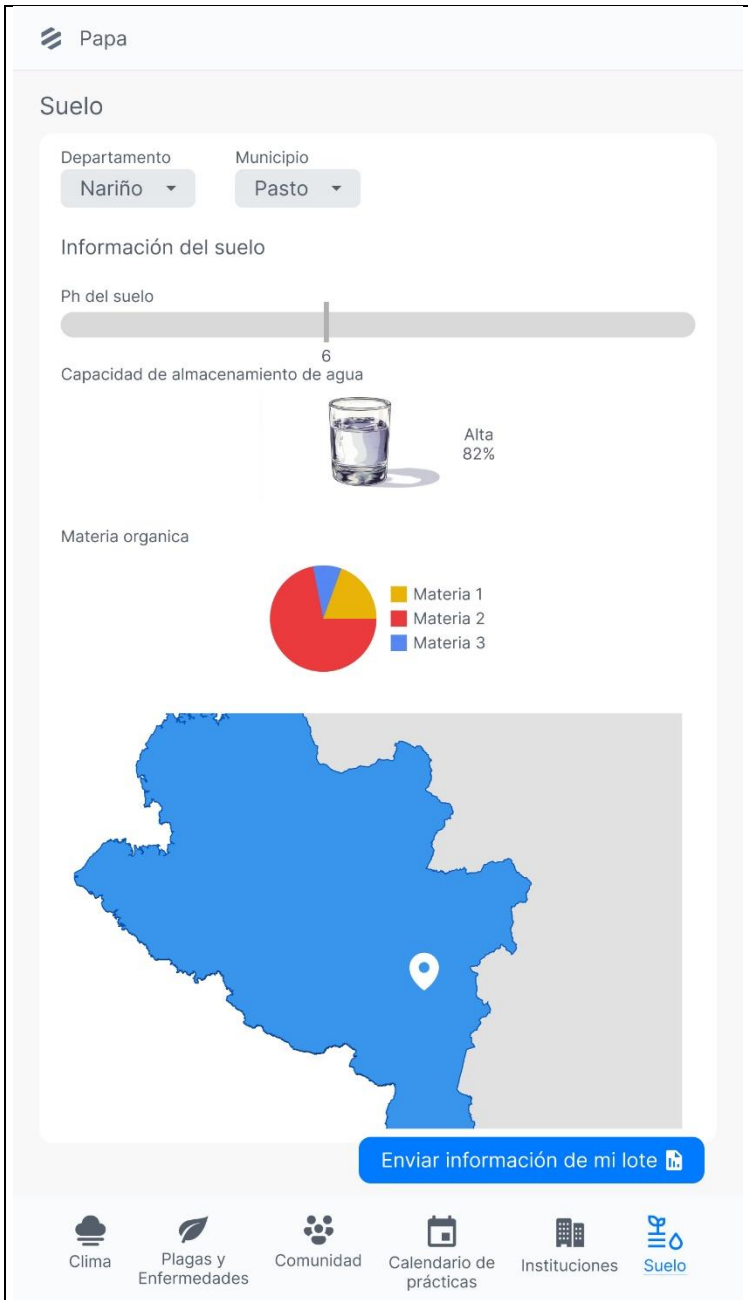


Ilustración 16. Mockup visualización de propiedades del suelo sistema productivo papa

Actualización de lógica de negocio sistema productivo papa (preliminar)

En esta sección se describen los procesos identificados en conjunto con FEDEPAPA, para la generación de información alrededor de la producción de la cadena productiva de la papa.

- **Agricultura digital del cultivo de papa**

El componente de agricultura digital tiene como propósito principal optimizar la toma de decisiones y mejorar la productividad de manera sostenible en la cadena productiva de la papa. Este enfoque se centra en el uso e implementación de tecnologías que faciliten la recolección, el análisis y la aplicación de datos directamente en el campo, así como también la interacción con diferentes actores de la cadena.

En este contexto, Fedepapa cuenta con el Sistema de Información básico en donde almacena la información principal de producción y precios del sector

La información sobre actividades y prácticas de manejo agronómico en las fincas de los productores es recopilada por los extensionistas de Fedepapa. Tal como se ilustra en la Figura 32, el proceso incluye la recopilación de datos clave sobre cada productor o lote, como información básica (nombre del productor, ubicación y tamaño de la parcela, labores culturales), producción (número de plantas, fechas de cultivo, tipo de planta), costos, y registros de enfermedades y plagas.

Así mismo, la interacción con empresas productoras de insumos y semillas, quienes ofrecen productos de alta calidad que aumenten la productividad y la resistencia de los cultivos a enfermedades y condiciones climáticas adversas. Estas empresas, en colaboración con otros actores, juegan un papel esencial en la diseminación de tecnologías y prácticas avanzadas que mejoren la eficiencia de los sistemas agrícolas.

Por otro lado, están las empresas procesadoras y comerciales tales como McCain y PepsiCo que desempeñan un papel clave en la cadena de valor, comprando productos agrícolas a pequeños, medianos y grandes productores para su procesamiento. Estas empresas también juegan un papel fundamental en la integración vertical de la cadena, alineando sus necesidades comerciales con las prácticas agrícolas sostenibles y la estabilidad del suministro

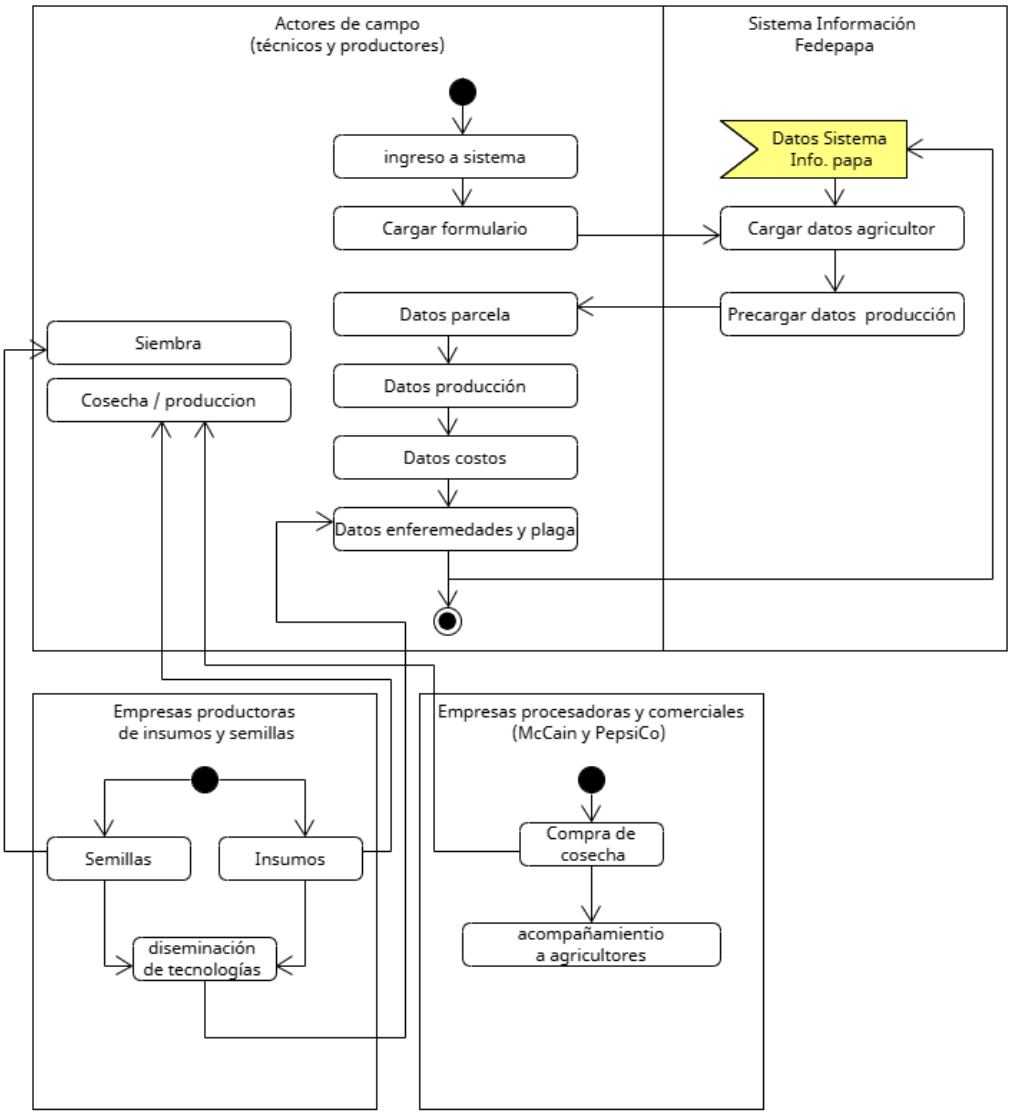


Figura 53. Modelo de negocio de adquisición de información e interacción del sistema productivo de papa

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La fase de formalización de requerimientos del sistema permitió establecer dos líneas de acción en las cuales se dividirá la arquitectura del sistema, de acuerdo con sus funcionalidades. La primera es la de servicios climáticos, en la que se encuentra el acceso, administración, procesamiento y visualización de información climática y agroclimática, en diferentes escalas espaciales y temporales, de acuerdo con las necesidades propias de cada uno de los sistemas productivos que se encuentran involucrados, mientras que la segunda es la de Agricultura Digital, enfocada en el uso de recursos tecnológicos para lograr la interacción de los diferentes actores de las cadenas productivas, con un abordaje integral, desde prácticas agronómicas hasta aspectos de mercado y socioeconómicos relacionados con cada uno de los sistemas productivos.

Para cada una de estas líneas descritas (Servicios climáticos y Agricultura digital), se desarrollaron diagramas de nivel 1 y nivel 2. El diagrama de nivel 1 (diagrama de contexto del sistema) proporciona una visión de alto nivel del sistema, centrado en cómo interactúa con su entorno. Se enfoca en los límites del sistema y en los actores externos

(humanos, sistemas o dispositivos) que interactúan con él. Este nivel no entra en detalles sobre componentes internos, pues su propósito es la descripción del alcance y los límites del sistema. Por su parte, el diagrama de nivel 2 (diagrama de componentes de contenedores), descompone el sistema principal en sus "contenedores" principales, como aplicaciones, bases de datos, servicios o interfaces. Este nivel describe cómo estos contenedores interactúan entre sí y con los actores externos, pero sin entrar en detalles sobre componentes internos de los contenedores. El propósito del diagrama de nivel 2 es mostrar las divisiones lógicas y físicas del sistema, incluyendo cómo los contenedores colaboran.

A continuación, se describen los diagramas de nivel 1 y 2 para las líneas de Servicios climáticos y Agricultura digital. Estos diagramas fueron actualizados incluyendo e integrando los sistemas productivos de la caña panelera y el sistema productivo de la papa.

1. SERVICIOS CLIMÁTICOS

1.1 Diagrama de nivel 1

El diagrama de arquitectura de nivel 1 para la plataforma computacional dentro del proyecto CAS (Colombia Agroalimentaria y Sostenible), enfocada en ofrecer servicios climáticos para apoyar la toma de decisiones en sistemas agropecuarios se observa en la **Figura** . Para mayor detalle sobre los sistemas productivos de la caña panelera, el sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia, estas son agregadas en el diagrama usando cajas (*box*) con fondo de color blanco.

1.1.1 Descripción técnica del diagrama de nivel 1

- **Contexto general del sistema:**

El sistema principal (representado como "AClimate") es el núcleo de la arquitectura. Su función es procesar y gestionar datos climáticos y agroclimáticos provenientes de diversas fuentes externas e internas, integrándolos en un repositorio centralizado y ofreciendo servicios específicos para usuarios finales.

Actores externos: Entidades como IDEAM, sistemas de datos abiertos (e.g., CHIRPS), bases de datos específicas (e.g., Datos de Suelo), y otros sistemas relacionados (e.g., servidores de datos de Fedepapa y Fedepanela) interactúan con el sistema principal aportando datos relevantes.

- **Flujos de datos:**

Los flujos entre sistemas están claramente delineados, destacando la obtención de datos históricos, pronósticos, y datos espaciales provenientes de fuentes como IDEAM, CHIRPS, AgERA5 y otros.

Existen procesos de recopilación de datos climáticos, de estaciones meteorológicas, y de predicciones, los cuales son almacenados y procesados en un Data Lake centralizado ("Datalake Datos estaciones").

Se identifican flujos específicos que conectan sistemas secundarios (como "Melisa") con los datos procesados para obtener información climática y agroclimática específica.

- **Servicios ofrecidos a usuarios finales:**

Diversas organizaciones agropecuarias (e.g., AUGURA, ASBAMA.COM, Va a llover, Asohofrucol, Agroclimas) acceden al sistema para consumir datos climáticos y agroclimáticos procesados.

Los servicios también incluyen la gestión de usuarios (Sistema de Usuarios) y su acceso a sistemas que integran datos espaciales como el sistema experto MAPA, o aplicaciones que pueden generar recomendaciones basadas en la interacción de diferentes cultivares con las condiciones climáticas, como Dr. Agro, ambas ofrecidas por AGROSAVIA.

- **Procesamiento y almacenamiento de datos:**

El "Datalake" funciona como un repositorio centralizado que almacena datos de estaciones meteorológicas, datos climáticos históricos, y predicciones.

La plataforma está diseñada para consumir, integrar y redistribuir estos datos hacia los usuarios finales en tiempo real o bajo demanda.

- **Fuentes de datos:**

Se incluyen tanto fuentes nacionales como internacionales, destacando bases de datos climáticas globales (CHIRPS, AgERA5) y servicios locales (IDEAM, Fedepapa, Fedearroz).

- **Enfoque general del sistema:**

El diagrama captura de manera efectiva el flujo de información entre múltiples actores externos, el sistema central (AClimate), y los usuarios finales, garantizando un flujo continuo de datos climáticos precisos para apoyar decisiones estratégicas en el sector agropecuario. La centralización en el Datalake permite flexibilidad en la integración y redistribución de datos, mientras que las interfaces con sistemas específicos aseguran adaptabilidad para diferentes sistemas productivos y escalabilidad futura.

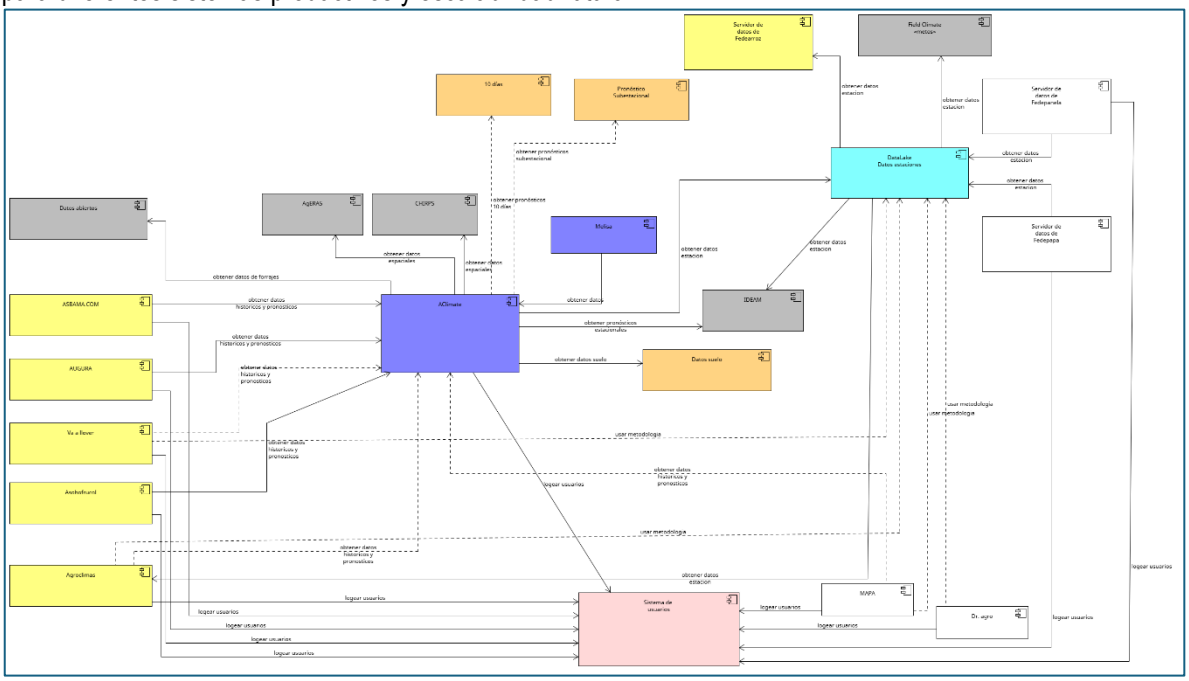


Figura 54. *Diagrama arquitectura del sistema de nivel 1 de Servicios Climáticos. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)*

1.2 DIAGRAMA DE NIVEL 2

El diagrama de nivel 2 detalla la arquitectura interna del sistema dentro del proyecto CAS, mostrando los contenedores lógicos y físicos que lo componen y cómo interactúan entre sí para ofrecer servicios climáticos al sector agropecuario (**Figura**).

1.2.1 Descripción técnica del diagrama de nivel 2

Componentes principales (Contenedores):

El sistema se divide en varios contenedores principales, organizados en función de sus responsabilidades específicas:

- **a. NÚCLEO DEL SISTEMA:**
- **AClimate**: Es el contenedor central encargado de procesar datos climáticos y agroclimáticos. Ofrece funcionalidades críticas como:
  - Análisis de datos históricos y pronósticos.
  - Modelado climático para distintos sistemas productivos.
  - Integración de datos de múltiples fuentes externas (IDEAM, CHIRPS, AgERA5, etc.) y repositorios locales.

- Generación de metodologías y parámetros específicos para usuarios.
- **Data Lake**: Actúa como el repositorio principal para almacenar y gestionar datos climáticos y agroclimáticos. Recibe información de:
  - Fuentes externas como IDEAM y bases de datos espaciales (CHIRPS, AgERA5).
  - Datos de estaciones meteorológicas externas, incluyendo Field Climate y servidores locales (e.g., Fedepapa, Fedearroz).
- **b. Módulos funcionales específicos:**
- **Melisa**: Se utiliza para interactuar con usuarios finales en relación con los servicios agroclimáticos para los sistemas productivos involucrados.
- **Módulos de Modelado (e.g., Crop Models, DSSAT)**:
  - Estos módulos se encargan de realizar simulaciones agroclimáticas para cultivos específicos (papa, panela, etc.).
  - Procesan datos provenientes del núcleo central y generan resultados basados en parámetros definidos.
- **Servicios de Usuarios**:
  - **Sistema de Usuarios**: Administra la autenticación y autorización de los diferentes actores que acceden a la plataforma.
  - **Módulos de visualización y consumo (Dr. Agro, MAPA, Va a llover, AUGURA, etc.)**: Proveen interfaces específicas para usuarios finales, mostrando resultados y recomendaciones basadas en los análisis climáticos.

- **FUENTES DE DATOS:**

El sistema integra datos de múltiples fuentes externas y locales:

- **IDEAM**: Proporciona datos meteorológicos históricos y pronósticos estacionales.
- **CHIRPS y AgERA5**: Ofrecen datos espaciales a nivel global, como precipitaciones y temperaturas.
- **Servidores locales (Fedepapa, Fedepanela, Fedearroz)**: Alimentan la plataforma con datos específicos de estaciones y sistemas productivos.

Estas fuentes alimentan el "Data Lake", que centraliza y organiza toda la información para ser utilizada por los módulos del sistema.

Flujo de Datos:

- **Entrada de Datos**: Los datos ingresan al sistema desde diversas fuentes (externas e internas), son procesados por el núcleo central y almacenados en el Data Lake.
- **Procesamiento**: Los datos almacenados son analizados por módulos como AIClimate Core, Melisa y Crop Models.
- **Salida de Datos**: Los resultados procesados se entregan a los usuarios a través de módulos específicos (e.g., MAPA, Dr. Agro) o se integran con metodologías y modelos existentes.

Servicios y Módulos Especializados:

- **Modelos Predictivos**:
  - Generación de predicciones a corto y mediano plazo (e.g., 10 días, subestacionales).
  - Integración con herramientas como DSSAT para simulaciones específicas.
- **Gestión de Usuarios y Seguridad**:
  - Sistema de Usuarios asegura el acceso seguro a los datos y funcionalidades.
- **Visualización de Resultados**:
  Los datos procesados son entregados en formatos específicos para asociaciones agropecuarias (e.g., ASBAMA.COM, AUGURA) y herramientas de consumo general (e.g., Va a llover).

- **Relación entre Contenedores:**
  - La interacción entre los módulos es modular y escalable:

- El "Data Lake" centraliza los datos y los pone a disposición de los módulos de procesamiento (e.g., Melisa, Crop Models).
- Los resultados generados son enviados a los servicios de usuario para visualización o integración.

El sistema, diseñado con una arquitectura modular y escalable, permite la integración eficiente de datos climáticos de múltiples fuentes. Su núcleo de procesamiento (AClimate) y su repositorio centralizado (Data Lake) aseguran un flujo continuo de información que soporta la toma de decisiones climáticamente inteligentes para el sector agropecuario. Los servicios de usuario y módulos especializados aseguran la entrega de datos procesados y visualizaciones adaptadas a diferentes actores y sistemas productivos.

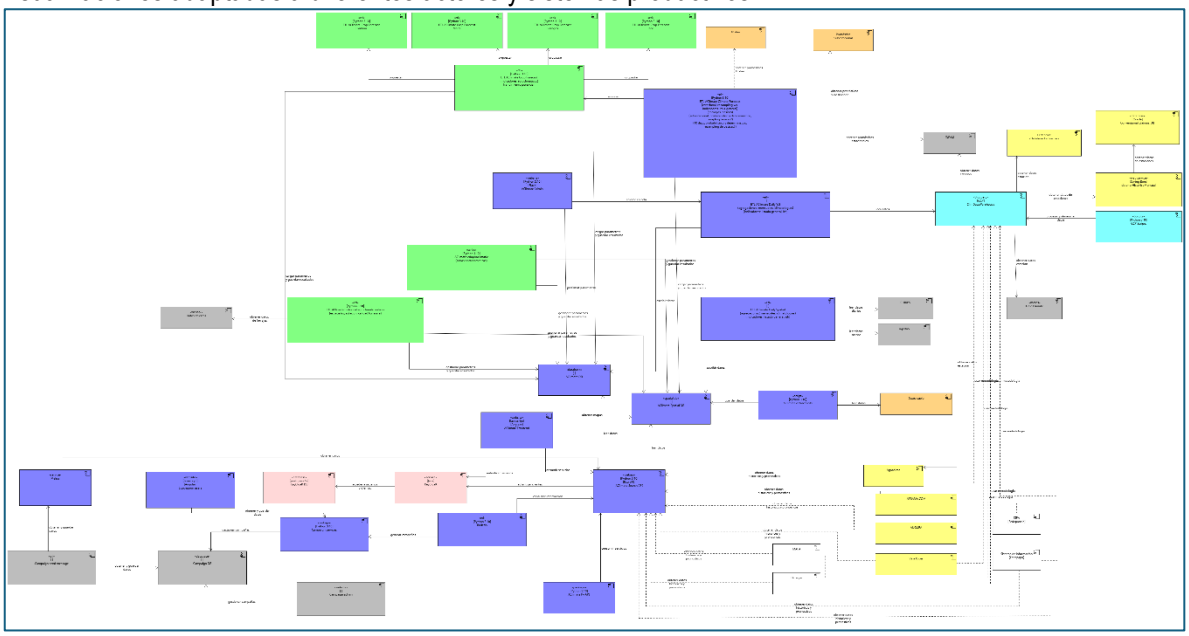


Figura 55. *Diagrama arquitectura del sistema de nivel 2 Servicios Climáticos. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)*

2. AGRICULTURA DIGITAL

2.1 Diagrama de nivel 1

El diagrama de nivel 1 describe una arquitectura enfocada en la integración de herramientas y sistemas dentro del proyecto CAS, orientado hacia la agricultura digital para el sector agropecuario. Este nivel presenta los actores principales y cómo interactúan a nivel de contexto general (**Figura**). Para mayor detalle sobre los sistemas productivos de la caña panelera, el sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia, estas son agregadas en el diagrama usando cajas (*box*) con fondo de color blanco.

Descripción técnica del diagrama de nivel 1:

1. **Contexto general del sistema:**
   - El diagrama muestra una red de herramientas y sistemas desarrollados por diversas organizaciones, cada uno especializado en una función o servicio relacionado con la gestión agrícola, climática o de suelos.
   - Estos sistemas no están detallados en sus interacciones internas; en su lugar, el nivel 1 describe cómo están agrupados y cómo contribuyen al ecosistema general del proyecto CAS.
2. **Agrupación por entidades y funcionalidades:**

- Los sistemas están organizados según las instituciones u organizaciones responsables de su desarrollo:
  - Fedearroz: Incluye herramientas como Sifaweb, PlanGestión, y IArroz, orientadas a la gestión de información agrícola para el cultivo de arroz.
  - Fedepapa: Integra un sistema de información propio para la gestión de datos sobre el cultivo de papa.
  - Cenicafé: Ofrece soluciones avanzadas como BrocaApp, SICA, y sistemas de manejo agronómico y fitosanitario específicos para el sector cafetero.
  - Fenalce: Proporciona herramientas como E-Agrology, orientadas al manejo eficiente de cultivos de cereales.
  - Agrosavia: Desarrolla herramientas clave como MAPA, Ficha técnica agroclimática, IRAKA, y Dr. Agro, diseñadas para ofrecer recomendaciones y soporte técnico a productores.
  - Asbama y AUGURA: Incluyen sistemas como Memento, Fertilice mejor, y Smart Cultivo, orientados a mejorar la gestión del sector bananero.
  - Asohofrucol: Representada por el sistema SIGECA, enfocado en la gestión del cultivo de frutas.

3. **Actores y sistemas clave:**
   - **Melisa (ABC)** y **Agricultura Digital (ABC)** aparecen como núcleos centrales para la integración y procesamiento de datos climáticos y agrícolas. Estas herramientas son responsables de conectar las diversas plataformas y entregar resultados que apoyen la toma de decisiones.
   - Los sistemas desarrollados por las diferentes instituciones participantes deberán estar diseñados para trabajar en conjunto, compartiendo datos relevantes.

Este nivel proporciona una vista panorámica de cómo cada componente contribuye al ecosistema de agricultura digital. Los sistemas individuales son piezas clave que, al integrarse, permiten abordar desafíos específicos relacionados con la sostenibilidad, productividad y adaptación al cambio climático en sistemas agrícolas.

El diagrama de nivel 1 organiza las herramientas disponibles en un marco lógico y modular. Aunque no se muestran flujos de datos específicos en esta representación, queda claro que cada sistema está especializado y diseñado para un área o sector productivo específico, mientras que sistemas centrales como Melisa y Agricultura Digital actúan como integradores para procesar y coordinar toda la información. Este enfoque garantiza escalabilidad y adaptabilidad en el proyecto CAS.

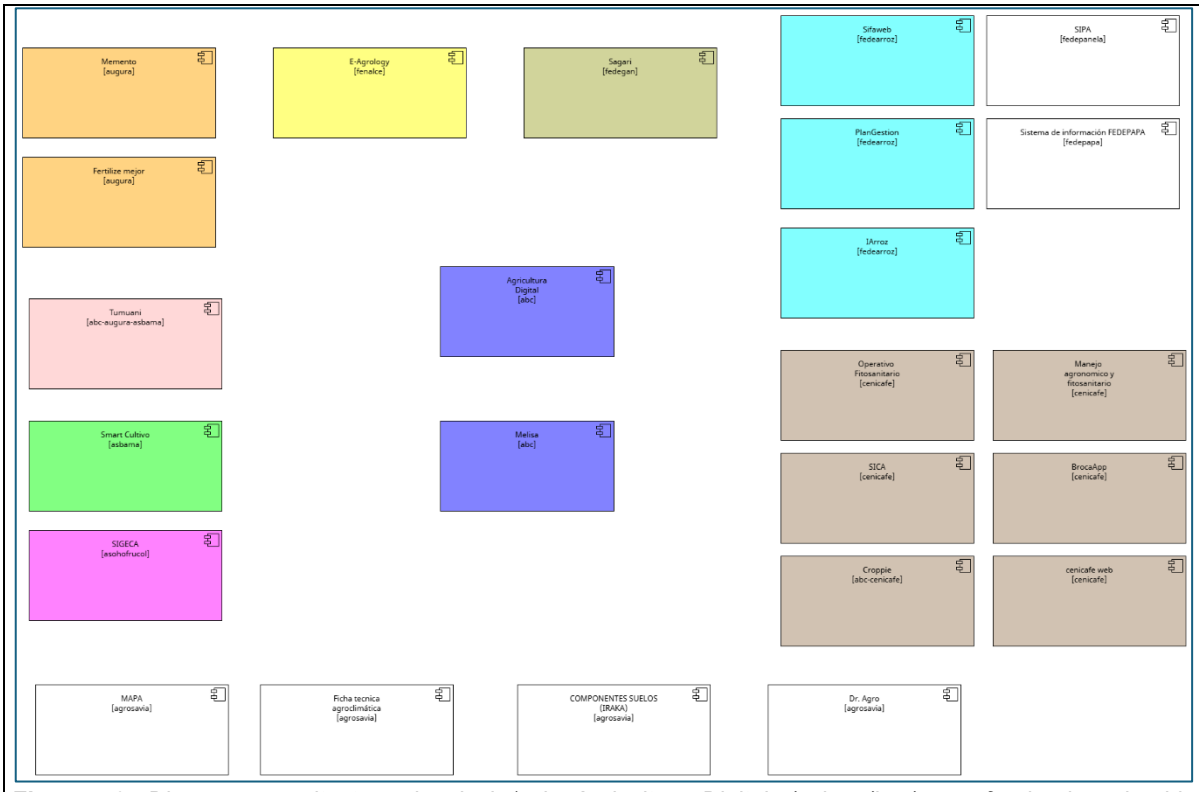


Figura 56. *Diagrama arquitectura de nivel 1 de Agricultura Digital. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)*

2.2 Diagrama de nivel 2

El diagrama de nivel 2 representa una arquitectura detallada de la plataforma de Agricultura Digital dentro del proyecto CAS. A continuación, se describe su estructura, componentes y flujos (**Figura 6**).

Descripción técnica del diagrama de nivel 1:

2.2.1. Contenedores Principales

La arquitectura del sistema está organizada en múltiples contenedores funcionales, agrupados por organizaciones responsables y su rol en la plataforma:

Herramientas de Análisis y Soporte (ABC)

- **Agricultura Digital (ABC):**
  - Es uno de los módulos centrales del sistema, encargado de gestionar flujos de datos y análisis para las herramientas conectadas.
  - Integra aplicaciones como Melisa para la interacción con los usuarios.

- **Herramientas de Agrosavia**

MAPA:

  - Plataforma con información agroclimática espacial.

Ficha Técnica Agroclimática:

  - Diseñada específicamente para la identificación del riesgo agroclimático.
  - Procesa datos climáticos y productivos para generar análisis de riesgo específico para un sistema productivo en una ubicación y un tiempo determinados

Componentes Suelos (IRAKA):
- Herramienta con información de suelos

Dr. Agro:
- Aplicación orientada a productores para recibir asistencia técnica digital basada en análisis y datos de la plataforma.

- **Herramientas Gremiales**

Augura:
- **Memento:** Gestiona información climática y productiva del sector bananero.
- **Fertilice Mejor:** Recomienda prácticas de fertilización basadas en datos analíticos.
- **Tumuni:** Plataforma colaborativa entre Augura, Asbama y ABC.

Asbama:
- **Smart Cultivo:** Herramienta para gestionar información de cultivos específicos.

Asohofrucol:
- **SIGECA:** Sistema enfocado en cultivos frutales, integrando información técnica y productiva.**Sistemas Gremiales Corporativos**

Fedearroz:
- **Sifaweb:** Plataforma central para gestionar datos productivos de arroz.
- **PlanGestión:** Sistema administrativo y técnico.
- **IArroz:** Herramienta tecnológica especializada en la producción de arroz.

Fedepapa:
- **Sistema de Información Fedepapa:** Integra datos productivos y climáticos del cultivo de papa.

Fedepanela:
- **Sistema de Información Panelero (SIPA):** Integra datos delcultovo de caña panelera.

Herramientas Sectoriales

Fenalce:
- **E-Agrology:** Sistema digital para la gestión eficiente de cultivos de cereales.

Fedegan:
- **Sagari:** Plataforma para el sector ganadero, diseñada para manejo productivo y ambiental.

Herramientas para Café (Cenicafé)

Operativo Fitosanitario: Gestión de sanidad en cultivos de café.
Manejo Agronómico y Fitosanitario: Herramienta para optimizar la producción del café.
SICA: Sistema de Información Cafetero.
BrocaApp: Enfocada en el manejo de plagas en el café.
Cenicafé Web: Herramienta digital para los productores cafeteros.
Croppie: Aplicación colaborativa para análisis de cultivos específicos.

Flujos de Datos

El diagrama detalla las conexiones funcionales entre los módulos, destacando:

1. **Interacciones entre módulos centrales:**
   - **Agricultura Digital (ABC)** actúa como núcleo, conectando a herramientas gremiales (Augura, Asbama, Fedearroz, etc.) y especializadas (MAPA, Dr. Agro, Ficha Técnica Agroclimática).

2. **Interacción con herramientas gremiales:**
   - Las herramientas de Augura, Asbama y Fenalce reciben información procesada para ofrecer recomendaciones específicas.
3. **Flujo de análisis de riesgo:**
   - La **Ficha Técnica Agroclimática** utiliza información climática y productiva para calcular indicadores de riesgo, los cuales son distribuidos a sistemas como MAPA y Dr. Agro.
4. **Herramientas específicas por sector:**
   - Cada gremio tiene sistemas especializados que conectan y consumen datos desde los módulos centrales (e.g., Sifaweb para arroz, SIGECA para frutas, y BrocaApp para café).

3. APIs y Procesos ETL

1. **APIs:**
   - **Agricultura Digital:** Proporciona servicios para la consulta y entrega de datos a sistemas gremiales.
   - **Ficha Técnica Agroclimática:** API de cálculo y distribución de riesgos agroclimáticos.
   - Herramientas gremiales (e.g., Sifaweb, Smart Cultivo) integran APIs para recibir datos desde los módulos centrales.
2. **ETLs:**
   - Los datos ingresan a través de procesos ETL, donde son transformados y adaptados para su consumo por módulos como MAPA, Dr. Agro y los sistemas gremiales.
   - La Ficha Técnica Agroclimática incluye procesos ETL para calcular indicadores basados en datos climáticos y productivos.

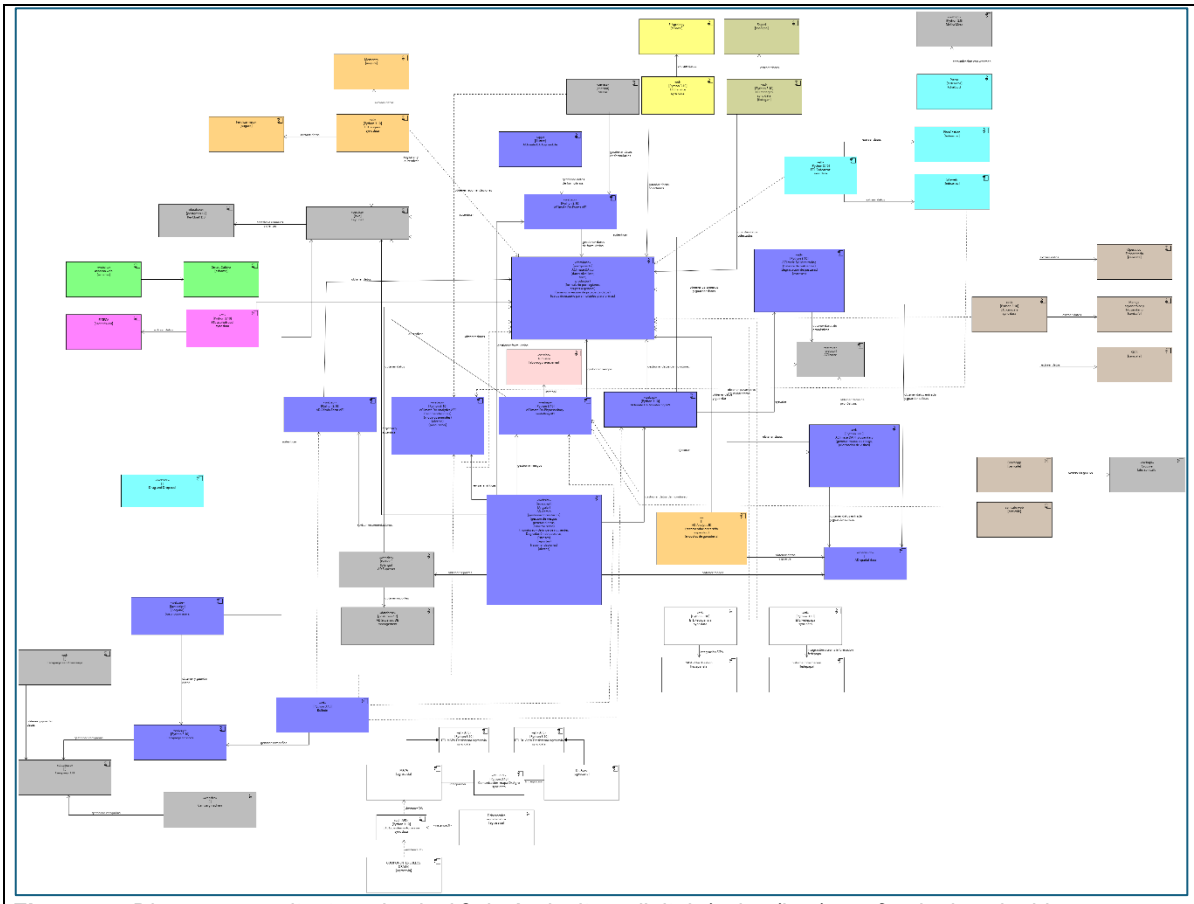


Figura 57. *Diagrama arquitectura de nivel 2 de Agricultura digital. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)*

Conclusiones

- Se logró una versión mejorada del levantamiento de requerimientos de la plataforma para el sistema productivo papa, la cual es importante discutir con diversos actores de este sector para obtener retroalimentación y validación
- La arquitectura de sistema propuesta a partir de los diagramas de nivel 1 y nivel 2 refleja una visión holística de la plataforma computacional, y es un punto de partida para llegar el año próximo a una versión mejorada y definitiva de la arquitectura

Recomendaciones - Pasos a seguir

Evidencias – Anexos 1.5.1 PAPA

Diagramas de nivel 1 y 2 de la arquitectura para servicios climáticos y para agricultura digital en formato png. Incluidos dentro de archivo comprimido “Diagramas Arquitectura.ZIP” (Anexo 1.5.1)

Tabla 33. Metodología y plan de trabajo para clasificación y detección de los sistemas productivos de papa a partir del procesamiento de imágenes

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF
Actividad 1.5. Implementar sistemas de agricultura digital (C1) Actividad 1.5.1. plan de trabajo para clasificación y detección de los sistemas productivos de papa a partir del procesamiento de imágenes
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Este producto se enfoca en generar oferta tecnológica y conocimiento por parte de los productores para la adaptación y mitigación del cambio climático
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 1.5.1. Identificación de variables para mejorar el análisis y recomendaciones en sitio especifico, la cual describe el entregable: Documento con el plan de trabajo y la metodología para la clasificación y detección de los sistemas productivos de papa a partir del procesamiento de imágenes
Antecedentes
En informe entregado en agosto de 2024 se presentó una revisión bibliográfica con fuentes recientes, para observar avances en identificación de cultivos en imágenes satelitales tanto ópticas como de radar de apertura sintética (SAR). Se observaron diferentes técnicas y/o algoritmos que permitan mejorar las métricas de exactitud al identificar cultivos en imágenes satelitales individuales, combinadas o en fusión. En el entregado en octubre de 2024, se muestra un primer borrador de la metodología que se implementara para identificar cultivos de papa usando imágenes satelitales ópticas y SAR.
Metodología
En la región andina colombiana, la alta frecuencia de nubosidad limita la captura de imágenes satelitales ópticas claras, dificultando el monitoreo de cultivos agrícolas durante gran parte del año (Sundar et al., 2010). Tradicionalmente, el uso de imágenes ópticas de satélite combinadas con mediciones de campo ha sido fundamental para la identificación de cultivos; sin embargo, estas metodologías presentan limitaciones significativas en áreas con cobertura nubosa frecuente. Para superar esta limitación, se emplearán imágenes de radar de apertura sintética (SAR) de Sentinel-1. Esta tecnología de teledetección avanzada utiliza microondas para capturar imágenes de alta resolución de la superficie terrestre, independientemente de las condiciones atmosféricas (ESRI, 2024). El enfoque metodológico consistirá en el uso de imágenes gratuitas de los satélites Sentinel-1 y Sentinel-2. Estas imágenes requieren un preprocesamiento para trabajar en zonas montañosas con pendientes pronunciadas y condiciones de nubosidad de hasta un 60%, características frecuentes en las zonas donde se cultiva papa. El preprocesamiento incluye la eliminación de nubes y sombras en las áreas, con el fin de construir un stack multitemporal para un semestre de cultivo. Finalmente, se realizará una fusión de los datos de radar y ópticos. Este proceso de fusión maximiza las ventajas de ambas tecnologías: las imágenes satelitales ópticas ofrecen alta precisión espectral cuando el cielo está despejado, mientras que las imágenes satelitales de radar permiten obtener datos consistentes y fiables durante

períodos nublados. Este stack multitemporal de imágenes preprocesadas permitirá implementar un algoritmo de clasificación que identifique la ubicación de los cultivos de papa en áreas definidas.
La combinación de imágenes satelitales ópticas y de radar facilitará un análisis más robusto y adaptado a las condiciones climáticas de la región, promoviendo una agricultura más resiliente y optimizando el uso de recursos en zonas de alta nubosidad y topografía compleja.

Resumen ejecutivo

Este reporte presenta un primer acercamiento al preprocesamiento de imágenes satelitales ópticas y de radar, que permite trabajar en zonas de alta nubosidad y montaña con alta pendiente, donde se siembra la mayoría de los cultivos de papa, la cual considera los siguientes pasos.

- Definición de área piloto para limitar a esta zona la descarga de las imágenes satelitales.
- Identificación y descarga de imágenes de radar del satélite Sentinel 1, en el periodo de tiempo de julio a noviembre de 2024.
- Preprocesamiento de imágenes de radar descargadas para el periodo definido.
- Identificación y descarga de imágenes ópticas de los satélites Sentinel 2, que tengan hasta un 60% de presencia de nubes, en el periodo de tiempo de julio a noviembre de 2024.
- Preprocesamiento de imágenes ópticas descargadas para el periodo definido.
- Toma de datos o sitios de referencia para entrenamiento del modelo.
- Fusión de imágenes.

El área piloto definida incluye el municipio de Villapinzón y sus alrededores en Cundinamarca, considerando zonas de referencia para la clasificación. Cabe resaltar que el cultivo de papa se siembra en dos épocas del año, la primera de marzo a septiembre y la segunda de septiembre a marzo, principalmente en Cundinamarca. La primera descarga de imágenes no cubre un ciclo completo del cultivo, pero permite definir y afinar el preprocesamiento hasta que se tengan las imágenes satelitales de un ciclo completo que permita realizar la identificación de cultivos de papa.

Descripción

Introducción

2. Área inicial de trabajo

En conversaciones con Fedepapa y su representante del área técnica, se identifica como área donde se pueden encontrar varios cultivos de papa para el II semestre del 2024 el municipio de Villapinzón, en las veredas Tibita, San Pablo y Sonsa. Villapinzón, ubicado en el departamento de Cundinamarca (Colombia), se caracteriza por su clima frío y su altitud en la región andina, condiciones que lo hacen ideal para el cultivo de papa y otros productos agrícolas de clima frío. Cundinamarca es una región central de Colombia que rodea la capital del país, Bogotá, y cuenta con una topografía variada que incluye montañas, valles y altiplanos, lo que la convierte en una de las áreas agrícolas más productivas del país.
El cultivo de papa se caracteriza porque se establece en zonas de altura desde los 2.400 m.s.n.m. Se siembra en zonas de montaña o pendientes pronunciadas y la mayoría de los cultivos dependen del agua lluvia para su desarrollo. El ciclo productivo de la papa dura entre 4 y 6 meses dependiendo de la variedad y pasa por los siguientes estados fenológicos: Siembra, emergencia, vegetativo, floración, maduración, senescencia y cosecha (Figura 37).

Figura 58. Fases fenológicas del cultivo de papa.

De acuerdo con la zona productiva del cultivo de papa, se define un área de trabajo (Figura 38) donde se incluye el municipio de Villapinzón y los municipios aledaños de Umbita, Turmequé, Lenguazaque, Ubaté, Sutatausa y Cucunuba. Estos municipios en la región andina son considerados importantes áreas de producción agrícola y servirán como zonas de referencia para la clasificación, abarcando una representación variada de cultivos y condiciones geográficas que enriquecerán el análisis y aumentarán la precisión en la identificación de los cultivos de papa.

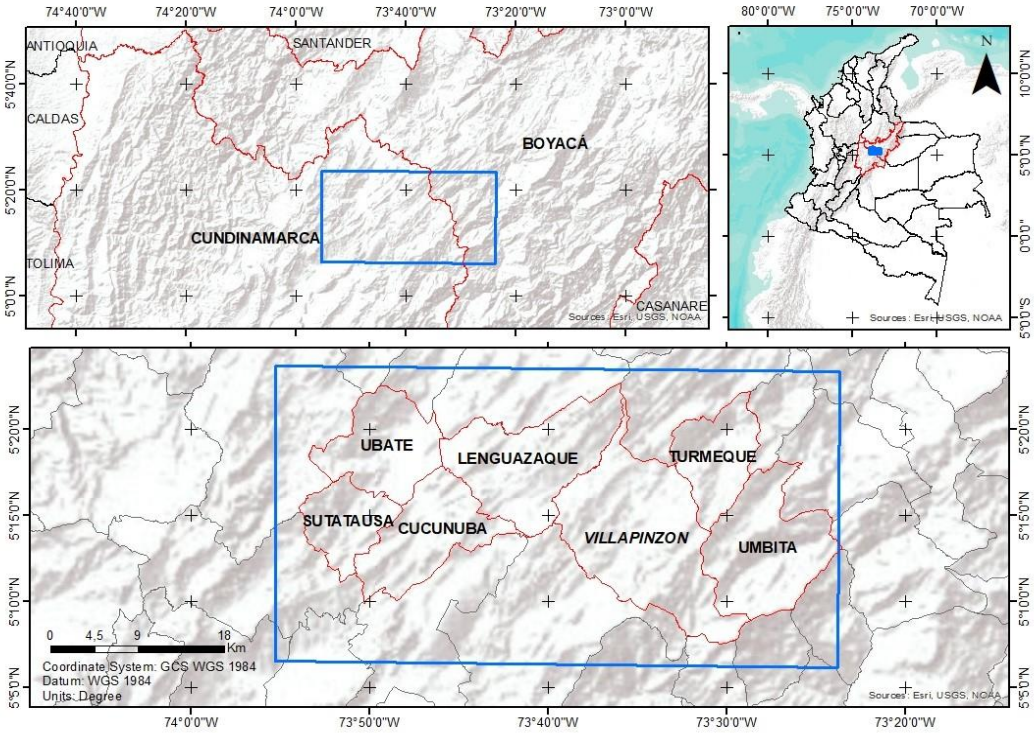


Figura 59. Área de trabajo para piloto.

3. Imágenes satelitales SAR

2.1 Descarga de imágenes satelitales SAR - Sentinel 1.

Se utilizaron imágenes de radar de apertura sintética (SAR) de la misión satelital Sentinel-1A de la Agencia Espacial Europea (ESA). Este satélite opera en la banda C del espectro de microondas y captura imágenes con una resolución espacial de hasta 5x20 metros. Específicamente, se emplearon productos del modo Interferométrico de Ancho de Banda (IW) en formato Geocodificado de Detección de Amplitud (GRD), un modo diseñado para aplicaciones de monitoreo terrestre de alta resolución (ESA, 2024). Este formato permite la

observación detallada de superficies, independientemente de las condiciones meteorológicas o de iluminación, lo cual es ideal para zonas con alta nubosidad, como la región andina colombiana.
En total, se descargaron doce imágenes de Sentinel-1A desde Copernicus Open Access Hub, correspondientes al período del 1 de julio de 2024 al 30 de noviembre de 2024 (Tabla 20). Estas imágenes fueron preprocesadas para eliminar ruido y corregir distorsiones geométricas, permitiendo su integración con imágenes ópticas para obtener una visión completa y mejorar la precisión en la clasificación de los cultivos.

Imágenes descargadas de satélite Sentinel 1.

Misión	Dirección de vuelo	Número de imágenes	Fecha de captura
1A	Descendente	12	01/07/2024, 13/07/2024, 25/07/2024, 18/08/2024, 30/08/2024, 11/09/2024, 23/09/2024, 5/10/2024, 17/10/2024, 29/10/2024, 10/11/2024, 22/11/2024

2.2 Preprocesamiento de imágenes satelitales SAR Sentinel 1.

Antes de iniciar el preprocesamiento completo de las imágenes SAR, se realiza un subset o recorte de cada imagen para definir la zona de interés específica del estudio. Este proceso de subset permite seleccionar únicamente el área geográfica de interés optimizando los recursos computacionales. Al reducir el tamaño de las imágenes a procesar, se facilita el manejo y el almacenamiento de los datos, además de hacer más eficiente el flujo de trabajo en los siguientes pasos de preprocesamiento. Para garantizar la precisión y calidad de las imágenes de radar, se siguió un flujo de trabajo específico que consta de nueve pasos para su preprocesamiento en Sentinel Application Platform (SNAP). A continuación, se detalla cada uno de los pasos:

1. **Archivo Corrección de Órbita:**
La corrección de órbita asegura que la ubicación de cada píxel en la imagen corresponda correctamente a su posición en la superficie terrestre. Sin esta corrección, la imagen puede presentar errores de posición que afectan la precisión en el análisis espacial.
Se aplican archivos de corrección de órbita a cada imagen para alinear los datos con la posición y trayectoria precisas del satélite en el momento de la captura.
2. **Eliminación de Ruido Térmico:**
Este paso mejora el contraste y la claridad en las imágenes de radar al reducir el "ruido" térmico, que puede distorsionar la información de los cultivos. Esto es especialmente relevante en estudios agrícolas, donde la precisión en la detección de variabilidad del terreno es importante.
Se eliminan las interferencias causadas por variaciones de temperatura en los componentes del sensor y en el ambiente. Además, se evalúa la intensidad en las polarizaciones VV y VH para ajustar el ruido y mejorar el contraste y claridad en cada polarización
3. **Eliminación de Ruido de Borde:**
Esta eliminación de ruido evita que los artefactos de borde interfieran en el análisis, asegurando que solo se consideren los datos válidos en el centro de la imagen.
Se corrige el ruido en los bordes de la imagen, ajustando la hora de inicio de la captura para compensar la curvatura de la Tierra, lo que elimina datos no válidos en los bordes de la escena.
4. **Calibración de Retrodispersión:**

La retrodispersión calibrada es esencial para medir correctamente la intensidad de señal reflejada desde la superficie. Este proceso permite interpretar los datos de radar en términos físicos, proporcionando información detallada sobre las características de la superficie (como estructura y humedad del dosel vegetal).

Se calibra cada píxel para transformar sus valores digitales en mediciones precisas de retrodispersión, utilizando coeficientes de sigma naught (σ0) y beta naught (β0).

5. **Filtrado de Manchas ("Sal y Pimienta"):**

   Este filtrado es necesario para suavizar la imagen y evitar que el1| ruido residual distorsione la interpretación visual o estadística de los datos, especialmente en análisis donde la homogeneidad es clave, como en la clasificación de cultivos (Filipponi, 2019).

   Se aplica un filtro que reduce el efecto de "sal y pimienta", causado por interferencias de onda, mejorando así la calidad visual de la imagen.

6. **Aplanamiento del Terreno:**

   Este paso es fundamental para estudios en áreas montañosas, como la región andina, donde el brillo exagerado puede ocultar detalles importantes. El aplanamiento del terreno permite una representación más fiel de la superficie sin interferencias de pendiente (Small, 2011).

   Se aplica un ajuste para minimizar el efecto escorzo, que aparece como brillo excesivo en zonas elevadas. Para ello, se usa la retrodispersión beta cero (β0), menos sensible a la pendiente que sigma cero (σ0).

7. **Corrección del Terreno:**

   La corrección del terreno asegura que los datos reflejen con precisión la geografía real, algo crítico para el análisis de cultivos en zonas montañosas donde las distorsiones pueden ser más pronunciadas.

   Se utiliza un Modelo Digital de Elevación (DEM) para corregir las distorsiones geométricas que ocurren en zonas de pendiente pronunciada y aspecto lateral debido a la topografía y perspectiva del sensor.

8. **Conversión a Decibeles (dB):**

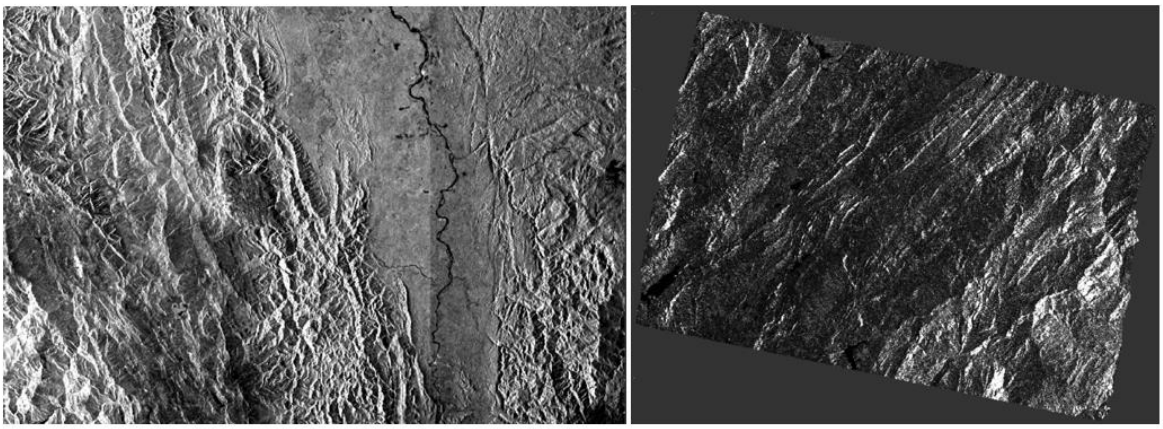
   Esta conversión facilita la interpretación y comparación de los datos, ya que los decibeles ofrecen una escala de medición logarítmica que es más intuitiva y manejable, especialmente para observar pequeños cambios en la retrodispersión (Filipponi, 2019).

   Se convierte la retrodispersión a decibeles (dB) mediante una transformación logarítmica.

9. **Co-registro de Imágenes:**

   El co-registro permite realizar análisis multitemporales precisos, ya que asegura que cada píxel corresponde al mismo punto en todas las imágenes. Esto es esencial para monitorear cambios en los cultivos a lo largo del tiempo.

   Se alinean las imágenes tomadas en distintas fechas para asegurar que los puntos en todas las escenas coincidan espacialmente, asegurando la correspondencia exacta de puntos entre imágenes, facilitando un análisis multitemporal detallado y el seguimiento de cambios.



a. Imagen radar sin procesar b. Imagen radar procesada

Figura 60. Ejemplo de imagen de radar a) sin procesar y b) procesada

4. Imágenes satelitales ópticas - Sentinel 2.

El propósito de trabajar con imágenes satelitales ópticas es que sean gratuitas y de la mejor resolución espacial, espectral y temporal. Imágenes gratuitas se pueden obtener de los satélites Sentinel 2 de la Agencia espacial europea (ESA) y Landsat 8 de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y el servicio nacional geológico (USGS) de los Estados Unidos. Para este proyecto se ha decidido trabajar con las imágenes de Sentinel 2 porque tienen mejor resolución espacial (10 m) comparado con Landsat 8 (30 m).

3.1. Descarga de imágenes satelitales Sentinel 2.

Se descargaron imágenes del satélite Sentinel 2 desde la plataforma Sentinel Hub, dentro del trimestre del 01 de julio a 30 de noviembre. Se seleccionaron imágenes que para el área de estudio tuvieran hasta un 60% de nubosidad. En la tabla 21 se muestra las imágenes disponibles con los parámetros específicos para la zona de estudio.

Imágenes descargadas de satelite Sentinel 2.

Misión	Bandas	Número de imágenes	Fecha de captura
Sentinel 2	Azul (B2), verde (B3), rojo (B4 y B5), ultrarojo (B6), rojo lejano (B7), infrarrojo cercano (B8), infrarrojo cercano dos (B8A), onda corta infrarrojo (B11) y onda corta infrarrojo dos (B12)	13	01/07/2024, 11/07/2024 05/08/2024, 30/08/2024 04/09/2024, 09/09/2024 19/09/2024, 24/09/2024 29/09/2024,04/10/2024 14/10/2024, 13/11/2024 18/11/2024.

3.2. Preprocesamiento de imágenes satelitales Sentinel 2.

Luego de la descarga se inicia con el preprocesamiento de las imágenes y se hacen las respectivas correcciones. A continuación se muestra el flujo de trabajo.

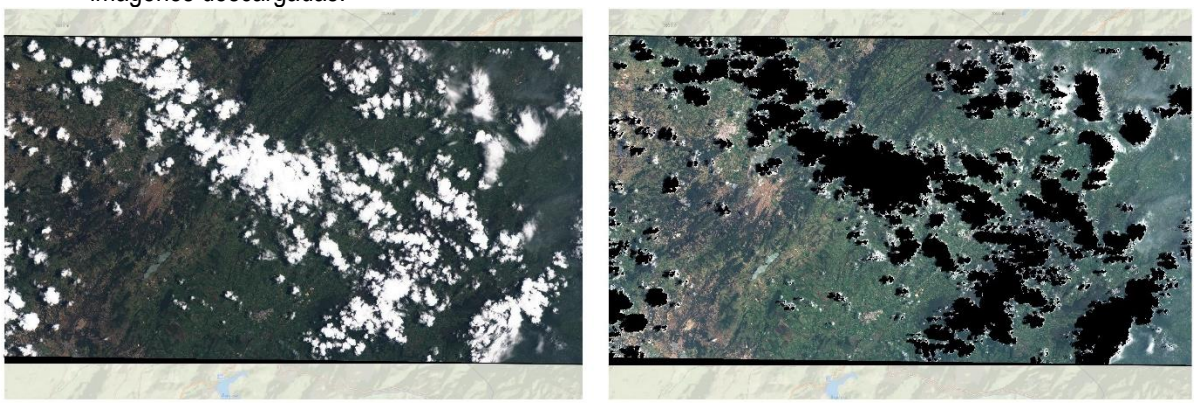
1. La primera corrección es la atmosférica, según Chraibi et al. (2022), los métodos de corrección atmosférica que producen reflectancia del fondo de la atmósfera son fundamentales para garantizar la

consistencia temporal de los productos de nivel superior y una sensibilidad óptima a los cambios en las propiedades de la vegetación. Por esta razón, aunque tenemos imágenes de nivel 2 con reflectancia de superficie, se aplicara al menos un método de corrección, se compararán los valores de reflectancia de Sentinel 2, corregidas y sin corregir, en los sitios donde sabemos se encuentran cultivos de papa, con el fin de identificar la variación de reflectancia en las diferentes bandas y si son consistentes o cual representa mejor al cultivo de papa.

2. El siguiente paso es la corrección geométrica, las imágenes se descargaron en coordenadas geográficas en el sistema de coordenadas WGS 84, a medida que se avance en el proceso de clasificación, se definirá en que proyección se trabajarán las coordenadas.

3. La corrección topográfica es otro paso importante ya que al trabajar con zonas de alta pendiente puede influir en la respuesta de los índices y en los resultados de la clasificación. Para aplicar esta corrección se debe contar con un modelo digital de elevación en el mismo sistema de referencia en el cual se encuentran las imágenes sentinel 2. Se probarán dos métodos que se usan en terrenos con pendientes pronunciadas, uno es el Modelo Minnaert y el otro es Modelo Sun-Canopy-Sensor (SCS). Seleccionaremos el que mejor se comporte al calcular los índices de vegetación y en la clasificación.

4. Una vez corregidas las imágenes, se procede a eliminar las nubes y las sombras (Figura 40). Cada conjunto de bandas de una fecha específica incluye una banda de clasificación que identifica áreas como nubes, sombras, agua y vegetación. A partir de esta banda se genera una máscara de las clases nubes y sombras, la cual se emplea para realizar el recorte de las nubes y sombras en cada una de las imágenes descargadas.



a) Imágen optica de Sentinel 2 (04-09-24) sin procesar. b) Imágen optica de Sentinel 2 (04-09-24) con procesamiento.

Figura 61. Ejemplo de imagen óptica a) sin procesar y b) procesada

5. Adicional a cada una de las bandas con las que cuentan los satélites, en las imágenes sin sombras ni nubes, se calcularan índices de vegetación que se han usado para identificar cultivos de papa en imágenes satelitales (Gómez et al. 2019) tales como índice de reflectancia de antocianinas (ARI), índice de reflectancia de carotenoides (CRI2), índice de clorofila de borde rojo invertido (IRECI), índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación senescente diferencial normalizado (NDSVI), índice de vegetación resistente a la atmósfera y al suelo (SARVI). Al final se tomarán las bandas o índices de mayor importancia para la clasificación del cultivo, dejando de lado aquellas que puedan generar ruido o aumentar el costo computacional.

Al tener las imágenes preprocesadas se realizará un agrupamiento multitemporal correspondiente a la época de siembra de cultivo de papa (marzo – septiembre o septiembre-marzo) y se realizará una fusión o combinación con las imágenes de Sentinel 1 y Sentinel 2. La fusión permitirá minimizar el error por la alta presencia de nubes y las zonas con pendiente pronunciada. Los algoritmos de clasificación se aplicarán al ráster generado en la fusión con las imágenes satelitales.

4. **Fusión o combinación de imágenes**

La definición general de fusión es la generación de productos híbridos mediante la combinación de imágenes adquiridas a diferentes resoluciones espaciales (Chuvieco, 2016). La fusión de imágenes es la combinación de dos o más imágenes diferentes, que trata datos e información de diferentes fuentes, para formar una nueva imagen con información mejorada para la toma de decisiones, utilizando un algoritmo determinado. Se han desarrollado varios métodos que permiten usar imágenes de diferentes sensores, combinando o fusionando datos que mejoran la calidad de la información que se puede obtener de una sola imagen (Vijayaraj et al., 2006). En algunos casos es claro que una sola imagen puede tener vacíos que no permiten hacer un análisis adecuado, pero al complementar con información relevante de otras imágenes, inclusive de épocas distintas, se puede obtener una mejor versión y realizar un adecuado análisis. Sin embargo, no es una tarea fácil, es un desafío aplicar los métodos para combinar o fusionar de manera efectiva, las propiedades de los objetos de la superficie proporcionadas por el sensor óptico (S2) y las características estructurales de los elementos del paisaje proporcionadas por el sensor de radar (S1), es decir, se pueden considerar complementarios con respecto a la tarea de mapeo de la cobertura del suelo (Ienco et al., 2019). Al fusionar las imágenes satelitales SAR y ópticas se reduce la perdida de información por la alta presencia de nubes y las pendientes pronunciadas. Existen métodos tradicionales o básicos como análisis de componentes principales y transformación de promedio ponderado (WA). En estos métodos no hay descomposición o transformación de las imágenes de origen. Existen otros métodos de transformación multiescala como la transformación Wavelet (WT), que descompone la imagen de origen y se ha usado para la detección de cultivos (Li *et al*, 2021).

5. **Georreferenciación y digitalización de lotes en Villapinzón, Cundinamarca**

Como parte del proceso de análisis y clasificación de cultivos, se realizó una visita de campo al municipio de Villapinzón con el fin de georreferenciar y digitalizar los diferentes lotes. Durante esta visita, se identificaron y registraron las coordenadas exactas de los lotes destinados al cultivo de papa y otras clases relevantes para la clasificación de imágenes. Estos lotes fueron posteriormente digitalizados y organizados en un sistema de información geográfica, generando shapes que representan la delimitación precisa de cada lote. Además, se asignaron diferentes clases a los lotes en función de las características observadas en campo, lo cual permite contar con datos de referencia confiables y validados para el entrenamiento de algoritmos de clasificación en las imágenes satelitales. Se identificaron 136 polígonos en el municipio de Villapinzón de un total de 220. Los polígonos restantes se distribuyen en los municipios de Ubaté, Sutatausa y Cucunubá. Los polígonos identificados fueron distribuidos en diferentes clases según el tipo de cobertura y uso del suelo. Las clases y la cantidad de polígonos digitalizados se presentan la tabla siguiente.

Clases definidas para identificación de cultivos de papa.

Clases	Cantidad de polígonos
Cultivo papa	108
Pastos	29
Otros usos	83

A continuación, se presenta un mapa que muestra la distribución de los polígonos identificados en el área de estudio, cubriendo las zonas correspondientes a las imágenes descargadas. En el mapa se evidencia la ubicación geográfica de los polígonos en Villapinzón, Ubaté, Sutatausa y Cucunubá, lo cual permite visualizar la extensión y distribución de las distintas clases de cobertura registradas en campo. Este mapa sirve como referencia visual para la interpretación y análisis de los datos recopilados en el proyecto hasta noviembre de 2024.

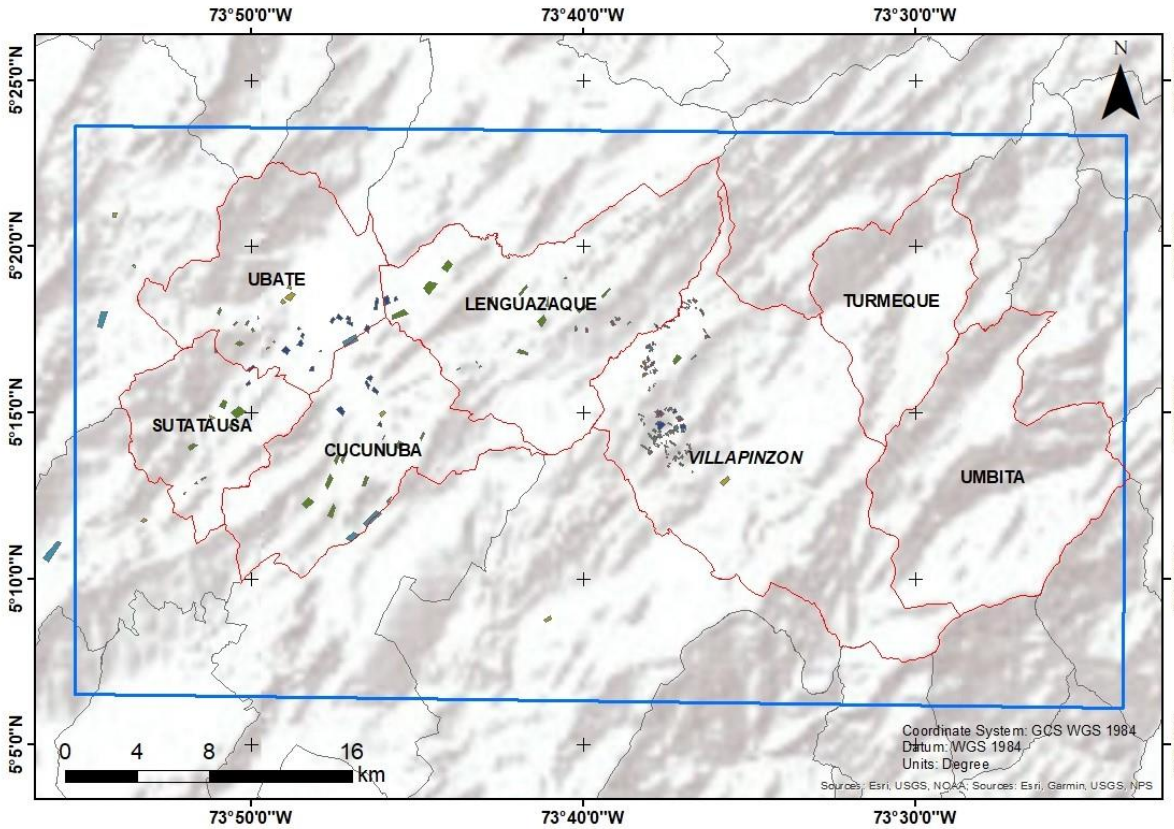


Figura 62. Sitios de referencia con las diferentes clases.

Actualmente, el equipo continúa con la recolección de datos de campo en el área de estudio para mejorar la precisión y calidad de la información recopilada. Estos datos adicionales permiten actualizar y enriquecer la base de datos geoespacial con detalles relevantes para la clasificación de cultivos y el análisis de cobertura del suelo. Paralelamente, se está digitalizando esta información en forma de shapes, creando polígonos georreferenciados que representan las diferentes clases de cobertura identificadas.

Una clasificación detallada se obtiene con datos de referencia robustos para el entrenamiento y validación de los algoritmos de clasificación de imágenes, proporcionando una representación precisa de cada tipo de cobertura en el área de estudio, permitiendo establecer un vínculo entre los datos satelitales y las condiciones reales de los cultivos en el terreno.

6. Referencias:

Chraibi, E., Boissieu, F., Barbier, N., Luque, S. and Féret, JB. 2022. Stability in time and consistency between atmospheric corrections: Assessing the reliability of Sentinel-2 products for biodiversity monitoring in tropical forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 112, ISSN 1569-8432, https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102884.

Chuvieco, E. (2016). Fundamentals of satellite remote sensing. In Fundamentals of Satellite Remote Sensing. https://doi.org/10.1201/b18954

ESA. (2024). *S1 Mission*. https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-mission.

ESRI. (2024). Introducción a SAR. https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/introduction-to-synthetic-aperture-radar.htm

Filipponi, F. 2019. Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *Proceedings*, *18*(1), 11. https://doi.org/10.3390/ecrs-3-06201
Gómez, Diego, Pablo Salvador, Julia Sanz, and Jose Luis Casanova. 2019. "Potato Yield Prediction Using Machine Learning Techniques and Sentinel 2 Data" Remote Sensing 11, no. 15: 1745. https://doi.org/10.3390/rs11151745
Li, D., Song, Z., Quan, C., Xu, X., & Liu, C. (2021). Recent advances in image fusion technology in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 191(November 2020), 106491. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106491
Small, D. 2011. Flattening gamma: Radiometric terrain correction for SAR imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *49*(8), 3081–3093. https://doi.org/10.1109/TGRS.2011.2120616
Sundar, C., & Gupta, P. (2010). Satellite remote sensing of particulate matter air quality: The cloud-cover problem. Journal of the Air and Waste Management Association, 60(5), 596–602. https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.5.596

Conclusiones

- Se han descargado imágenes de los sensores Sentinel 1 (radar SAR) y Sentinel 2 (ópticas), de julio a noviembre de 2024.
- Se ha definido una ruta de trabajo para preprocesamiento de imágenes satelitales ópticas y de radar, quedando listas para proceso de fusión y/o combinación de imágenes y luego clasificación del cultivo de papa.
- Se ha definido el área de trabajo para primer acercamiento a la clasificación o un piloto de dicha metodología. Allí se tomará información de referencia en campo, datos que se necesitan para ejecutar los algoritmos de clasificación.

Recomendaciones - Pasos a seguir

- Luego de tener los polígonos de referencia en campo, se procede a hacer la clasificación. En esta etapa se definen los métodos, es decir qué tipo de fusión o combinación se va a emplear, y también los algoritmos de clasificación a usar. Se realizarán algunas pruebas y se seleccionará el que muestre mejores métricas de exactitud.

Evidencias – Anexos 1.5.1 B PAPA

Tabla 34. Protocolo de huella hídrica azul y verde

Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de documento: Protocolo
Protocolo: Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono-Huella hídrica azul y verde
Objetivo

El protocolo tiene como objetivo describir los procedimientos para el cálculo de la huella hídrica verde (precipitación) y azul (agua de riego) mediante el uso de sensores de humedad y pluviómetros en parcelas experimentales. Estas mediciones se utilizarán para mejorar la eficiencia en el uso del agua y abordar el desafío del aumento en la demanda hídrica agrícola.

Justificación

El presente producto contribuye a la Actividad 3.3.1 como insumo para la implementación y toma de muestras de datos de suelo agua y emisiones de GEI en las parcelas demostrativas

Antecedentes

NA

Metodología

El cálculo de la huella hídrica se realiza a través del **balance hídrico**. Se utilizan sensores para medir la **humedad volumétrica del suelo** (sensores TEROS 10) y pluviómetros para registrar la precipitación. Los datos obtenidos permiten calcular la **evapotranspiración** del cultivo, que es clave para estimar la huella hídrica.

- La **huella hídrica verde** se refiere al agua proveniente de la precipitación almacenada en el suelo, mientras que la **huella hídrica azul** corresponde al agua utilizada para el riego del cultivo.
- El cálculo se basa en ecuaciones que integran variables como la precipitación diaria, el riego aplicado, la retención de agua en el suelo, y la escorrentía superficial.

Resumen ejecutivo

El documento **"Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono"** está enfocado en el monitoreo de la huella hídrica (verde y azul) en cultivos de papa en sistemas convencionales y sostenibles. A continuación, se presenta un resumen ejecutivo:

Objetivo:

El protocolo tiene como objetivo describir los procedimientos para el cálculo de la huella hídrica verde (precipitación) y azul (agua de riego) mediante el uso de sensores de humedad y pluviómetros en parcelas experimentales. Estas mediciones se utilizarán para mejorar la eficiencia en el uso del agua y abordar el desafío del aumento en la demanda hídrica agrícola.

Alcance:

El protocolo se aplicará en **12 parcelas** (6 con manejo convencional y 6 con manejo alternativo) de cultivo de papa en Boyacá y Cundinamarca, cada una con un área de aproximadamente 1500 m². Los datos recopilados durante un ciclo de cultivo se utilizarán para evaluar la huella hídrica de cada tratamiento.

Equipos y mediciones:

- Se utilizarán **36 sensores de humedad**, 12 pluviómetros y 24 data loggers. La instalación y manejo de los equipos se realizarán de acuerdo con las especificaciones técnicas, y las mediciones de humedad se tomarán con una frecuencia mínima de tres veces por semana.

Aplicación:

Los datos recopilados permitirán evaluar la eficiencia del uso del agua en los sistemas de cultivo de papa y contribuirán a mejorar las prácticas de manejo agrícola sostenible. Este protocolo también proporciona las bases para futuras investigaciones relacionadas con la huella hídrica y la reducción de emisiones de GEI en la agricultura.

Capítulos que se van a desarrollar

Introducción: Explica la importancia del agua en la agricultura y el concepto de huella hídrica (verde y azul), destacando la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso del agua en el sector agrícola.

Protocolo de medición de la huella hídrica azul y verde: Detalla los objetivos, el alcance, las responsabilidades, las definiciones, abreviaturas, los materiales y equipos necesarios, así como el principio del método para la medición de la huella hídrica en cultivos de papa.

Metodología: Describe las ecuaciones y técnicas para medir la evapotranspiración y el balance hídrico del suelo utilizando sensores de humedad y pluviómetros, explicando el cálculo de la huella hídrica verde y azul. **Condiciones generales**: Proporciona recomendaciones sobre las condiciones de los cultivos y el mantenimiento de los equipos para garantizar la precisión en las mediciones Estos capítulos cubren desde la fundamentación teórica hasta los aspectos técnicos y prácticos de la implementación del protocolo para medir la huella hídrica.
Conclusiones
NA
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se retroalimentarán los protocolos en conjunto con FEDEPAPA
Evidencias – Anexos **Anexo 3**: Incluye esquemas de instalación de los equipos de medición en las parcelas, además de un cronograma de actividades relacionado con el ciclo del cultivo

Tabla 35. Protocolo de toma de muestras de suelo cultivo papa

Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de documento: Protocolo
Protocolo: Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono-Protocolo para la toma de muestras de suelo.
Objetivo
El protocolo tiene como objetivo describir el procedimiento para la toma de muestras de suelo en lotes de papa, su recolección, manejo y envío, con el fin de garantizar la representatividad y calidad de las muestras para su posterior análisis.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 3.3.1 como insumo para la implementación y toma de muestras de datos de suelo agua y emisiones de GEI en las parcelas demostrativas.
Antecedentes
NA
Metodología
Con el fin de realizar un análisis detallado de las propiedades físicas y químicas del suelo se realizará la toma de dos tipos de muestras en los lotes de papa, toma de muestra no disturbada y toma de muestra disturbada: • **TOMA DE MUESTRA NO DISTURBADA** - Para curva de retención de humedad y densidad aparente, para la cual se hará: Preparación de la superficie: Se debe hacer una limpieza superficial del punto para la toma de la muestra Colocación, inserción, extracción del cilindro: Se debe colocar el cilindro de muestreo de manera perpendicular al suelo y con un martillo suave o de goma o pieza de madera ejercer presión de manera

uniforme para facilitar el acceso dentro del suelo. Una vez que el cilindro esté completamente introducido en el suelo, retirarlo con cuidado utilizando un palín.
Conservación de la muestra: Envolver la muestra cuidadosamente, preferiblemente con vinipel, para protegerla de la exposición al aire y evitar cambios en su humedad o estructura.
Etiquetado y georreferenciación: Cada muestra debe ser etiquetada con códigos de identificación claros que permitan rastrear su origen y su correspondencia con los resultados de laboratorio

- **TOMA DE MUESTRA DISTURBADA** - Para análisis de fertilidad

Definición del recorrido: Se debe definir un recorrido que cubra de manera representativa toda el área de interés
Preparación del terreno: Antes de tomar la muestra, es necesario limpiar la superficie del suelo
Toma de submuestras: Se realizará la toma de varias sub muestras en los puntos establecidos en el recorrido, las cuales se depositarán en un balde limpio.
Mezcla de submuestras: Después de recolectar las submuestras en el recorrido, se deben mezclar completamente en el balde para obtener una muestra representativa del terreno.
Empaque de la muestra: Se debe empacar aproximadamente 1 kg de suelo en bolsas de plástico (por ejemplo, bolsas ziploc)
Etiquetado y georreferenciación: Cada muestra debe ser etiquetada con códigos de identificación claros que permitan rastrear su origen y su correspondencia con los resultados de laboratorio.

Resumen ejecutivo

El documento **"Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono"** está enfocado en la toma de muestras de suelos que permitan el análisis físico-químico de este, y así se poder optimizar la producción de cultivos, mejorar la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental con la implementación de prácticas agrícolas adaptadas a las necesidades del terreno.

Objetivo:

Proporcionar lineamientos claros y estandarizados para la recolección, manejo y envío de muestras de suelo en lotes de papa, con el fin de garantizar la representatividad y calidad de las muestras para su posterior análisis.

Alcance:

- El protocolo se aplicará en **12 parcelas** en Boyacá y Cundinamarca, cada una con un área de aproximadamente 1500 m². Este protocolo aplica para la toma de muestras de suelo tanto disturbadas como no disturbadas que posteriormente se llevarán a laboratorio para determinar algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Equipos y mediciones:

- Barreno holandés
- Palín
- Cilindro de aluminio o de pvc (dimensiones)
- Martillo de goma
- Tabla pequeña
- Balde
- Gps (o celular con aplicación de georreferenciación)
- Bolsa ziploc o plásticas, cap 1kg
- Etiquetas de muestra

Aplicación:

Los datos recopilados permitirán evaluar y obtener un diagnóstico preciso sobre las propiedades y la disponibilidad de nutrientes en los suelos de la unidad productiva. Estos resultados permiten inferir en las potencialidades del suelo, así como en las prácticas de manejo recomendadas en cada sitio de muestreo.

Capítulos que se van a desarrollar
Introducción: Explica la importancia del suelo y como obtener un diagnóstico sobre las propiedades físico-químicas las cuales pueden ser determinantes al momento de expresar el potencial de dicho suelo y el cultivo que se quiere desarrollar. Se encuentra una breve explicación de las propiedades y características de un suelo que son determinantes en la interacción suelo planta. **Protocolo de medición de muestras de suelo**: Detalla los objetivos, el alcance, las responsabilidades, las definiciones, abreviaturas, los materiales y equipos necesarios, así como del método para la toma de muestras y el cálculo de diferentes variables que permitirán la interpretación del análisis físico químico del lote. **Metodología**: Describe los pasos para la toma de los dos tipos de muestras, empacado y etiquetado de estas para envío a laboratorio. **Condiciones generales**: Proporciona recomendaciones sobre las condiciones de los cultivos y el mantenimiento de los equipos para garantizar la precisión en las mediciones
Conclusiones
NA
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se retroalimentarán los protocolos en conjunto con FEDEPAPA
Evidencias – Anexos
En el Anexo 3 está la Información audiovisual de consulta- tabla de rangos de interpretación de resultados de análisis químico

Tabla 36. Protocolo de huella hídrica gris para cultivo papa

Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de documento: Protocolo
Protocolo: Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono - Protocolo de toma de muestras de agua
Objetivo
El protocolo tiene como objetivo describir el procedimiento para la toma de muestras representativas de agua de fuentes superficiales y subterráneas en parcelas con cultivo de papa, con el fin de monitorear la calidad de agua de entrada y salida.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 3.3.1 como insumo para la implementación y toma de muestras de datos de suelo agua y emisiones de GEI en las parcelas demostrativas.
Antecedentes
NA
Metodología

Con el fin de obtener la caracterización completa del agua se sugiere tomar una muestra del agua usada en el cultivo ya sea agua de escorrentía (secano) o agua superficial (canales, canaletas, reservorios, ríos, quebradas, lagunas o embales). Se tomarán dos tipos de muestras, in situ y para laboratorio.

- Medición **in situ** las cuales se realizarán con equipos especializados (pH metro y conductímetro) con los que se obtendrán datos de temperatura, pH, y conductividad eléctrica. En este procedimiento se requiere una revisión y calibración previa de los equipos y un registro de la información en el formato indicado.
- Muestras de **laboratorio**, estas serán tomadas en caso de requerir análisis de metales pesados o análisis fisicoquímicos. En este procedimiento es importante tener en cuenta que tan pronto se tiene la muestra se debe almacenar en una nevera portátil con suficiente hielo o geles de refrigeración para garantizar que se alcance la temperatura de 4°C y de esta forma reducir la biodegradación, estos recipientes deben ser rotulados y contener la información allí requerida.

Resumen ejecutivo

El documento **"Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono"** está enfocado en el monitoreo de la calidad de agua utilizada en las parcelas con cultivo de papa. A continuación, se presenta un resumen ejecutivo:

Objetivo:

El protocolo tiene como objetivo describir el procedimiento para la toma de muestras representativas de agua de fuentes superficiales y subterráneas en parcelas con cultivo de papa, con el fin de monitorear la calidad de agua de entrada y salida. Estas muestras nos darán datos de la composición de sales disueltas que pueden llegar a afectar la calidad del suelo y la mezcla preparada ya sea para el manejo fitosanitario y/o de nutrición en el cultivo por efecto de la salinización.

Alcance:

El protocolo se aplicará en **12 parcelas** (6 con manejo convencional y 6 con manejo alternativo) de cultivo de papa en Boyacá y Cundinamarca, cada una con un área de aproximadamente 1500 m², en diferentes escenarios (agua superficial y agua de escorrentía) dentro de parcelas productivas para el cultivo de papa.

Equipos y mediciones:

- Se utilizará pH metro, Conductímetro y Termómetro portátil para el caso de toma de muestra in situ.
- Para el caso de muestras para laboratorio se utilizará nevera portátil, geles de refrigeración y reactivos, esto manejado con las especificaciones técnicas y de almacenamiento que requiera la muestra.

Se tomarán muestras en 3 momentos, la primera será una vez se ha seleccionado el lote donde se desarrollará la investigación, la segunda cuando el cultivo se encuentre en llenado de tubérculos y la tercera en cosecha.

Aplicación:

Los datos recopilados permitirán evaluar la eficiencia del uso del agua en los sistemas de cultivo de papa y contribuirán a mejorar las prácticas de manejo agrícola sostenible. Este protocolo también proporciona las bases para futuras investigaciones relacionadas con la huella hídrica, más específicamente la huella gris donde se evaluarán parámetros que están directamente relacionados con la aplicación de productos químicos del tipo Fertilizantes, pesticidas e insecticidas

Capítulos que se van a desarrollar

Introducción: Explica la importancia de la calidad del agua en la agricultura y su composición, ya que esta puede llegar a afectar la calidad del suelo y las mezclas para el manejo fitosanitario y nutricional del cultivo.

Protocolo de toma de muestras de agua para evaluación de calidad del agua y cálculo de la huella hídrica gris: Detalla los objetivos, el alcance, las responsabilidades, las definiciones, abreviaturas, los materiales y equipos necesarios, así como el principio del método para la toma de muestras y el cálculo de la huella hídrica gris del agua utilizada en cultivos de papa. **Metodología**: Describe el modo, momento y tipo de muestras que se deben tomar en los 3 momentos indicados para el proyecto. Tomando datos in situ y muestras para laboratorio en los diferentes escenarios que pueden ser aguas provenientes de escorrentía o aguas superficiales. **Condiciones generales**: Proporciona recomendaciones sobre las condiciones de los cultivos y el mantenimiento de los equipos para garantizar la precisión en las mediciones Estos capítulos cubren desde la fundamentación teórica hasta los aspectos técnicos y prácticos de la implementación del protocolo para medir la huella hídrica.
Conclusiones
NA
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se retroalimentarán los protocolos en conjunto con FEDEPAPA
Evidencias – Anexos **En el Anexo 3 se** Incluyen rótulos de marcación de muestras para laboratorio, así como plantilla de recolección de parámetros in situ

Tabla 37. Protocolo de medición de GEI para papa

Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de documento: Protocolo
Protocolo: Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono-Medición de GEI
Objetivo
El protocolo tiene como objetivo describir la metodología del muestreo en campo para determinar la concentración de gases de efecto invernadero – GEI: Dióxido de carbono CO2 y óxido nitroso N2O a través de cámaras cerradas ubicadas en el suelo y del aire en parcelas experimentales de diferentes municipios entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Estas mediciones se utilizarán para la implementación de prácticas de manejo de cultivo que ayuden en la disminución de la emisión de estos gases.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 3.3.1 como insumo para la implementación y toma de muestras de datos de suelo agua y emisiones de GEI en las parcelas demostrativas.
Antecedentes
NA
Metodología

Para la medición de los gases de efecto invernadero -GEI se utilizan cámaras estáticas cerradas herméticamente de PVC o plástico ubicadas sobre el suelo en el terreno del cultivo, la extracción de los gases se realiza a través de jeringas con válvulas de paso y aguja hipodérmica, estos se almacenarán al vacío en viales grafados y rotulados. Las muestras tomadas se deben leer en el cromatógrafo durante las 12 horas posteriores a la entrega. Los flujos de GEI serán calculados como la tasa de cambio de concentración del gas en la cámara durante el tiempo de muestreo.

Resumen ejecutivo

El documento **"Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono"** está enfocado en el monitoreo de las emisiones de gases de efecto invernadero- GEI en cultivos de papa a través de sistemas convencionales y sostenibles. A continuación, se presenta un resumen ejecutivo:

Objetivo:

Describir el procedimiento de muestreo en campo para determinar la concentración de gases efecto invernadero (GEI): Dióxido de carbono CO_2, y Óxido nitroso N_2O en muestras de aire provenientes tanto de cámaras cerradas ubicadas en suelo como de aire utilizando el cromatógrafo de gases con detectores FID para CO_2 y ECD para N_2O. Estas mediciones se utilizarán para la implementación de prácticas de manejo de cultivo que ayuden en la disminución de la emisión de estos gases.

Alcance:

El protocolo se aplicará en **12 parcelas** (6 con manejo convencional y 6 con manejo alternativo) de cultivo de papa en Boyacá y Cundinamarca, cada una con un área de aproximadamente 1500 m². Los datos recopilados durante un ciclo de cultivo se utilizarán para determinar la concentración de GEI cada tratamiento.

Equipos y mediciones:

- Equipo de vacío.
- Tanques con mezcla de gases CO_2 y N_2O con concentraciones certificadas que permitirán la calibración del equipo y el control de las muestras para lectura en el cromatógrafo.
- Cromatógrafo de gases con detectores FID para CO_2 y ECD para N_2O.
- Grafadora manual de viales. Viales con capacidad de 22cm^3 marca Agilent con tapa grafada. Porta muestras o gradilla para ubicar los tubos en el auto- muestreador.
- Termómetros y manómetros digitales. Jeringas con válvula de paso y agujas.
- Cronómetro

Aplicación:

Los datos recopilados permitirán evaluar la emisión de los gases de efecto invernadero en los sistemas de cultivo de papa y contribuirán a mejorar las prácticas de manejo agrícola sostenible. Este protocolo también proporciona las bases para futuras investigaciones relacionadas con la reducción de emisiones de GEI en la agricultura.

Capítulos que se van a desarrollar

Introducción: Explica los principales gases de efecto invernadero emitidos en agricultura y la preocupación por la generación potencial de emisiones de N2O resultantes de los elevados aportes de N, por la aplicación de fertilizantes en el cultivo de papa, lo que conlleva a la evaluación de los GEI en este cultivo y la búsqueda de prácticas sostenibles que ayuden en la mitigación de estas emisiones haciendo de este cultivo un potencial referente en agricultura limpia.

Protocolo de medición de la huella hídrica azul y verde: Detalla los objetivos, el alcance, las responsabilidades, las definiciones, abreviaturas, los materiales y equipos necesarios, así como el principio del método para la medición de los flujos de GEI CO_2 y N_2O en cultivos de papa.

Metodología: Describe el proceso de verificación, instalación, toma de muestras y análisis de las mismas tanto en campo como en laboratorio a través de las cámaras cerradas herméticamente, los equipos de cromatografía de gases y tanques con las concentraciones certificadas de CO_2 y N_2O que permiten corroborar la emisión de los GEI en los diferentes tratamientos.

Condiciones generales: Proporciona recomendaciones sobre las condiciones de los cultivos y el mantenimiento de los equipos para garantizar la precisión en las mediciones Estos capítulos cubren desde la fundamentación teórica hasta los aspectos técnicos y prácticos de la implementación del protocolo para la emisión de los GEI.
Conclusiones
NA
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se retroalimentarán los protocolos en conjunto con FEDEPAPA
Evidencias – Anexos **En el Anexo 3 se** Incluyen esquemas de instalación de los equipos de medición en las parcelas, además de un cronograma de actividades relacionado con el ciclo del cultivo

Tabla 38. Protocolo de implementación de prácticas sostenibles

Componente
2
Eje
4
Actividad GCF
3.3.1 Implementación de parcelas de monitoreo de agua y emisiones de GEI en sistemas convencionales y sostenibles en el cultivo de papa
Tipo de documento: Protocolo
Protocolo: Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono-Implementación de prácticas sostenibles y de baja emisión de gases de efecto invernadero GEI en la producción de papa
Objetivo
El protocolo tiene como objetivo implementar y evaluar tecnologías priorizadas que permitan realizar las labores de campo pertinentes al manejo del cultivo, comparando las labores de manejo convencionales con las labores o tratamientos propuestos por AGROSAVIA que permitan evidenciar una disminución en la emisión de GEI y que a su vez permitan mantener o mejorar los rendimientos del cultivo y un manejo amigable con el medio ambiente.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 3.3.1 como insumo para la implementación y toma de muestras de datos de suelo agua y emisiones de GEI en las parcelas demostrativas.
Antecedentes
NA
Metodología
Para la implementación de tecnologías alternativas en el cultivo de papa, se definen unas actividades de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción las cuales se evalúan en paralelo con un manejo convencional del cultivo, estas van desde la preparación del terreno hasta la postcosecha y almacenamiento. Dentro de las cuales se sugiere análisis de suelo, de acuerdo con los resultados de este una aplicación de enmiendas si es necesario y una disminución del 30% de la fertilización nitrogenada la cual se espera sea complementada por la acción de los microorganismos fijadores que se utilizaran en el tratamiento con biofertilizantes, además de evaluaciones de tejido foliar y toma de datos de cada actividad.

Resumen ejecutivo

El documento **"Guía de protocolos para la toma de muestras para la medición de huella hídrica y huella de carbono"** está enfocado en la implementación de prácticas sostenibles y de baja emisión de gases de efecto invernadero GEI en la producción de papa a través de sistemas convencionales y sostenibles. A continuación, se presenta un resumen ejecutivo:

Objetivo:

Describir los lineamientos generales de las tecnologías priorizadas y algunas consideraciones para su implementación en campo con el propósito de orientar el manejo integrado del cultivo, propendiendo por una mayor rentabilidad de este y la disminución en la emisión de los gases de efecto invernadero.

Alcance:

El protocolo se aplicará en **12 parcelas** (6 con manejo convencional y 6 con manejo alternativo) de cultivo de papa en Boyacá y Cundinamarca, cada una con un área de aproximadamente 1500 m². Los datos recopilados durante un ciclo de cultivo se utilizarán para determinar la concentración de GEI cada tratamiento.

Equipos y mediciones:

- Análisis de tejido foliar.
- Análisis físico- químico de muestra de suelo
- Análisis de calidad de agua
- Evaluación de las emisiones de GEI

Aplicación:

Los datos recopilados permitirán evaluar la emisión de los gases de efecto invernadero en los sistemas de cultivo de papa y contribuirán a mejorar las prácticas de manejo agrícola sostenible. Este protocolo también proporciona las bases para futuras investigaciones relacionadas con la reducción de emisiones de GEI en la agricultura.

Capítulos que se van a desarrollar

Introducción: Explica como el desarrollo del proyecto CAS y sus aliados, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) - Bioversity, Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA y La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA pretenden disminuir la vulnerabilidad de la producción agropecuaria frente a los impactos generados por las emisiones de Gases efecto invernadero. Bajo este contexto, este protocolo presenta los lineamientos generales de las tecnologías priorizadas y algunas consideraciones o prácticas para su implementación en campo, obteniendo así una comparación entre el manejo convencional y el propuesto por el proyecto.

Contexto productivo: Se abordan temas cuantitativos con las cifras más relevantes dentro de la cadena productiva del sector y los costos de producción en papa.

Factores limitantes de la producción**:** Teniendo en cuenta el conocimiento del desarrollo del cultivo de papa se describen las variables con las cuales el cultivo tiene que interactuar, como los son: las variables climáticas, presencia de insectos plaga, enfermedades.

Factores de emisión de GEI en el cultivo de papa: Según las labores y uso de plaguicidas y fertilizantes que se utilizan durante el ciclo del cultivo se describen aquellos que generan un incremento en la emisión de GEI.

Protocolo de Implementación de prácticas sostenibles y de baja emisión de gases de efecto invernadero GEI en el ciclo productivo del cultivo de papa.

Detalla los objetivos, el alcance, las responsabilidades, las definiciones, abreviaturas, los materiales y equipos necesarios, así como las actividades propuestas como tratamientos con las cuales se espera una reducción en la emisión de GEI, esto comparado con el manejo tradicional del productor.

Metodología: Describe el proceso de implementación y evaluación de tecnologías alternativas propuestas por Agrosavia, comparadas con las labores de campo convencionales en el cultivo de papa para identificar las prácticas que generen una mitigación en la emisión de gases de efecto invernadero.

Condiciones generales: Proporciona recomendaciones, planes de manejo de fertilización y MIPE sobre las condiciones de los cultivos y el mantenimiento de los equipos para garantizar la precisión en las mediciones y los resultados.
Conclusiones
NA
Recomendaciones - Pasos a seguir
Se retroalimentarán los protocolos en conjunto con FEDEPAPA
Evidencias – Anexos En el Anexo3 se Incluyen Escalas Fenológicas para la variedad Diacol Capiro

Tabla 39. Documentos de investigación: Identificar microorganismos con capacidad proteolítica y celulolítica para facilitar la degradación de la biomasa usada para compost

Componente
Componente 2. Mejoramiento genético, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas y su escalamiento para aumentar la resiliencia y propiciar un desarrollo agropecuario bajo en carbono.
Eje
Eje 4. Técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas y su escalamiento para incrementar resiliencia y mitigación
Actividad GCF
E4.A4. Evaluación de microorganismos para optimizar el proceso de transformación y habilitación de la biomasa de café.
Tipo de documento: Reporte
Reporte
Objetivo
Identificar microorganismos con capacidad celulolítica en las muestras de café enviadas por Cenicafé, con el propósito de facilitar la degradación de la biomasa usada para compost
Justificación
La pulpa de café, que constituye aproximadamente el 43% del peso fresco del fruto, tiene potencial para mejorar la fertilidad del suelo mediante procesos de compostaje que complementen la fertilización química en sistemas agrícolas. Este subproducto contiene compuestos bioactivos como ácidos clorogénicos, polifenoles y fibras dietéticas, los cuales influyen directamente en la actividad microbiana durante la descomposición de la materia orgánica (Murthy & Madhava Naidu, 2012). Las fibras dietéticas proporcionan carbono y energía, favoreciendo el desarrollo de microorganismos descomponedores que optimizan la transformación de residuos en nutrientes útiles para las plantas. Por su parte, los polifenoles modulan la microbiota del suelo, estimulando microorganismos especializados en la degradación de compuestos fenólicos cuando están presentes en concentraciones moderadas (Amuah et al., 2022; Pedraza-Zapata et al., 2017). Sin embargo, en niveles elevados, estos compuestos pueden limitar la actividad de ciertas especies debido a sus propiedades antimicrobianas, lo que resalta la importancia de un manejo equilibrado del compostaje. Este tipo de compost puede complementar el uso de fertilizantes nitrogenados, ayudando a reducir su aplicación, la cual está relacionada con la emisión de óxido nitroso, convirtiendo a la pulpa de café en un recurso versátil que puede integrarse en sistemas agrícolas sostenibles al ser manejada adecuadamente. Los microorganismos celulolíticos contribuyen a la descomposición de compuestos orgánicos complejos, mejorando las propiedades del suelo y su manejo sostenible en sistemas agrícolas. Este proceso, documentado por Murthy & Madhava Naidu (2012), también aumenta el contenido de materia orgánica particulada en el suelo,

mejorando su estructura física y su capacidad de retención de agua. Estas transformaciones son especialmente relevantes en sistemas agrícolas intensivos donde la degradación del suelo representa un desafío constante. Además, el uso de compost en combinación con fertilizantes químicos favorece un equilibrio sostenible entre productividad agrícola y conservación ambiental, mitigando los impactos asociados con el uso excesivo de insumos sintéticos.

El uso de compost enriquecido con microorganismos especializados proporciona una estrategia viable para reducir el uso de fertilizantes químicos y, al mismo tiempo, mejorar la calidad del suelo en sistemas agrícolas. A diferencia de los fertilizantes nitrogenados, el compost no genera emisiones de óxido nitroso durante su aplicación, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental (Singh & Craswell, 2021). Asimismo, el compostaje de la pulpa de café promueve una microbiota edáfica activa, lo que facilita el reciclaje de nutrientes y potencia las propiedades funcionales del suelo. Estas características destacan la importancia de integrar tecnologías biológicas en el manejo de residuos agroindustriales, fortaleciendo prácticas sostenibles que beneficien tanto al ambiente como a la productividad agrícola.

Antecedentes

Los microorganismos con capacidad celulolítica han mostrado un gran potencial para mejorar la eficiencia en la producción de compost a partir de residuos de café. Las enzimas celulolíticas, como las celulasas, desempeñan un papel clave en la degradación de los componentes lignocelulósicos presentes en la pulpa y el mucílago del café, facilitando la conversión de la celulosa en azúcares fermentables. Este proceso no solo acelera la descomposición de los residuos, sino que también aumenta la disponibilidad de nutrientes para el suelo, mejorando la calidad del compost producido (Londoño-Hernández et al., 2020; Niglio et al., 2019).

El uso de hongos como *Aspergillus niger* y *Trichoderma reesei*, que producen enzimas celulolíticas, ha mostrado ser eficaz para acelerar el proceso de compostaje y mejorar la calidad final del compost. Estos hongos incrementan la actividad enzimática en el material compostado, lo que favorece una descomposición más rápida de la materia orgánica y una liberación gradual de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, en formas disponibles para las plantas (Campos-Vega et al., 2015; Bekalo & Reinhardt, 2010). Además, la aplicación de bacterias como *Bacillus subtilis*, que también posee actividad celulolítica, puede complementar la acción de los hongos, optimizando el proceso de biodegradación y aumentando la eficiencia de la producción de compost.

Por otra parte, la combinación de microorganismos con diferentes capacidades enzimáticas puede mejorar aún más la eficacia del compostaje. La co-cultivación de hongos y bacterias en residuos de café proporciona un entorno donde se maximiza la sinergia entre la degradación de la celulosa y las proteínas, lo que resulta en una producción más rápida de compost de alta calidad. Este enfoque no solo contribuye a la gestión sostenible de los residuos agrícolas, sino que también reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos, al proporcionar un fertilizante orgánico rico en nutrientes y mejorado para la agricultura (Echeverría & Nuti, 2017; Mata et al., 2018). Esta combinación de capacidades enzimáticas y sinergia microbiana ofrece una solución eficiente para la gestión de residuos agrícolas, alineándose con las prácticas de sostenibilidad y la economía circular.

Metodología

Aislamiento de Bacterias a Partir de la Pulpa del Café Para el aislamiento de microorganismos de la pulpa, primero se preparó un medio de cultivo con base en la pulpa del café. Para esto, 100 g de pulpa se mezclaron con 500 ml de agua y se calentó a 50 °C durante dos horas con agitación constante; el objetivo fue extraer los azúcares solubles. El extracto obtenido se diluyó en una proporción de 1:8 con agua destilada, se solidificó con agar (20 g/L) y se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Posteriormente, se suplementó con sales minerales específicas para favorecer el crecimiento microbiano. Las muestras de pulpa y mucílago se sometieron a diluciones seriadas (10^{-1} a 10^{-7}) para obtener un rango adecuado de densidad microbiana. Se sembraron 100 µL de cada dilución en el medio de cultivo Pulpa de Café y las placas se incubaron a 30 °C durante 48-72 horas. Tras la incubación, se seleccionaron y conservaron diferentes morfotipos con base en su tamaño, color y textura.

Extracción de ADN y Amplificación por PCR del 16S rRNA Los aislamientos fueron reactivados desde los crioviales sobre los medios de cultivo apropiados, y luego una colonia fue empleada para la extracción de ADN mediante el método de lisis alcalina. En breve, una colonia es disuelta en 50 µl de buffer alcalino, calentada a 95ºC por 10 min y finalmente neutralizada con 50 µl de buffer de neutralización. Este DNA generado mediante este método puede ser directamente usado en la técnica de PCR. La amplificación del gen 16S rRNA se realizó utilizando el kit OneTaq 2X Master Mix with Standard Buffer (NEB) y los primers universales 27F y 1492R. Las condiciones de amplificación incluyeron una desnaturalización inicial a 94 °C por 3 minutos, seguida de 30 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 30 segundos, alineamiento a 55 °C por 30 segundos y extensión a 72 °C por 1 minuto. Finalmente, se realizó una extensión final a 72 °C durante 5 minutos. Los productos de PCR se visualizaron en un gel de agarosa al 1%. La PCR generó bandas de aproximadamente 1500 pb, lo cual coincidió con el tamaño esperado.

Purificación y Secuenciación del ADN Los productos de PCR fueron purificados empleando las perlas AMPure XP Beads (Beckman Coulter). Posteriormente, fueron enviados a Azenta Life Sciences (USA) para su secuenciación, utilizando el primer 1391R para las reacciones. Las secuencias obtenidas en formato FASTA fueron analizadas utilizando el algoritmo BLASTn y comparadas con la base de datos NCBI GenBank para determinar la identidad taxonómica de los microorganismos.

Análisis Bioinformáticos Las secuencias obtenidas se editaron manualmente utilizando el software SnapGene para eliminar bases ambiguas y regiones de baja calidad. Luego, se analizaron en la base de datos EzBioCloud, que permite realizar la afiliación taxonómica utilizando cepas tipo como referencia.

Resumen ejecutivo

El objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad de microorganismos presentes en la pulpa del café, así como aquellos con capacidad celulolítica asociados al cultivo. La pulpa de café, que representa el 43% del peso del fruto, es rica en nutrientes y compuestos bioactivos, lo que la convierte en un recurso ideal para compostaje, mejorando la calidad del suelo y reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos. Además, los microorganismos celulolíticos pueden acelerar la descomposición de la materia orgánica mediante la degradación de material vegetal celulósico. Para este propósito, se emplearon medios de cultivo específicos que permitieron aislar microorganismos de la pulpa y aquellos capaces de crecer utilizando celulosa como única fuente de carbono. Los resultados revelaron una baja diversidad de microorganismos en la pulpa, mientras que la diversidad de los celulolíticos fue mayor, evidenciada por el número de morfotipos recuperados. La identificación molecular, basada en el análisis del gen 16S rARN, confirmó esta diversidad, demostrando la presencia de microorganismos pertenecientes a diferentes afiliaciones taxonómicas. La colección de microorganismos obtenida se conserva mediante crioconservación, y estudios futuros se enfocarán en caracterizar sus propiedades genómicas y evaluar su potencial como insumo para la industria cafetera.

Capítulos que se van a desarrollar

Caracterización de la diversidad microbiológica cultivable de la pulpa

Con el objetivo de caracterizar los microorganismos cultivables asociados a la pulpa de café, se diseñó un medio de cultivo basado en la fracción de azúcares solubles de la pulpa, enriquecido con diversas sales para favorecer su aislamiento. Para el proceso de aislamiento, la pulpa se resuspendió en agua para facilitar la liberación de los microorganismos desde la matriz vegetal, seguido de diluciones seriadas en base 10 (Fig. 1). Las diluciones se inocularon en el medio de cultivo, que luego fue plaqueado e incubado a 30 °C durante 48 horas. Los diferentes morfotipos observados se purificaron mediante técnicas de subcultivo y se conservaron finalmente a -80 °C (Fig. 2). En total, se identificaron 11 morfotipos cultivables asociados a la pulpa y 10 al mucílago.

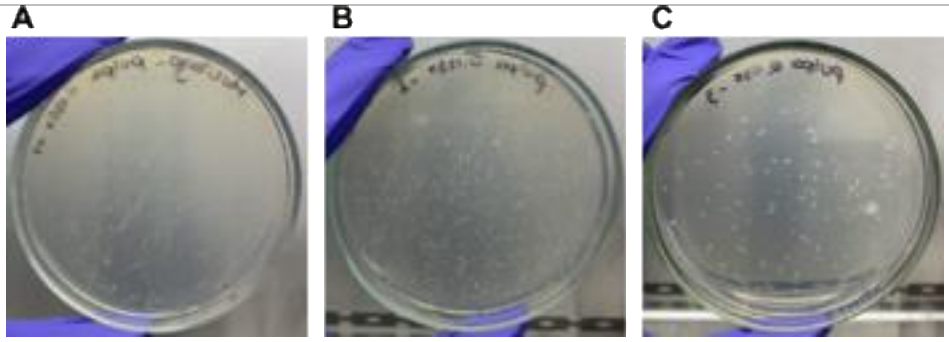


Fig. 1 Aislamiento de bacterias de la pulpa. Diluciones de la suspensión de la pulpa se plaquearon sobre medio Pulpa de Café. A) dilución 10^{-1}, B) dilución 10^{-2}, C) dilución 10^{-3}.

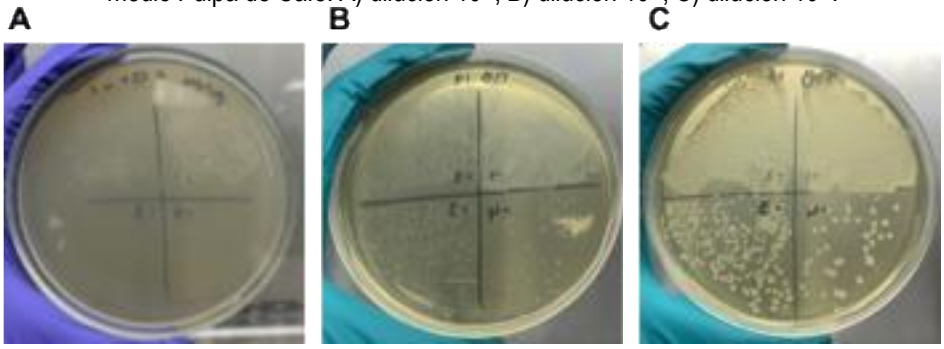


Fig. 2 Purificación de morfotipos mediante diluciones. Todos los morfotipos fueron purificados mediante diluciones seriadas. Para eso, se preparó una suspensión de una colonia en 500 µl de solución salina estéril y se diluyó cinco veces en base diez. Las diluciones 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3} y 10^{-2} fueron sembradas sobre cajas medio pulpa o TSB.

Aislamiento de microorganismos celulolíticos asociados al cultivo del café

Para el aislamiento y la caracterización de microorganismos con actividad celulolítica, se realizó el aislamiento de los microorganismos presentes en el suelo asociado al cultivo del café. Tres tipos de celulosa fueron usadas en los medios de cultivo de aislamiento: carboximetilcelulosa, Sigmacell 20 y Avicel PH-101, cada una preparada al 1% sobre una base de medio mínimo y vitaminas al 1X (Fig. 3). Un total de 46 morfotipos fueron identificados, purificados y conservados a -80ºC para estudios posteriores.

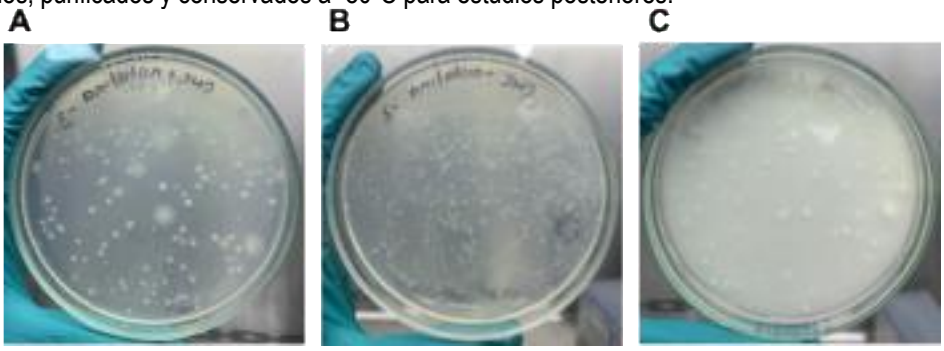


Fig. 3 Aislamiento de organismos celulolíticos. Muestras de suelo fueron diluidas serialmente y crecidas sobre placas con medio mínimo suplementado con A) y B) CMC o c) Avicel.

Amplificación y análisis molecular del gen 16S rRNA

Se seleccionó un subconjunto de los microorganismos aislados para su identificación molecular mediante el análisis del gen 16S rRNA, un marcador genético estándar ampliamente utilizado para la identificación bacteriana. Los resultados revelaron una diversidad limitada de microorganismos asociados a la pulpa. Sin embargo, aquí no se presentan los resultados de todos los aislamientos que se obtuvieron ya que varios de los morfotipos aislados no pudieron ser identificados utilizando los iniciadores específicos para el gen 16S rRNA. Es posible especular que estos microorganismos sean levaduras. Su evaluación taxonómica se realizará mediante la secuenciación y estudio del ITS. El análisis de las secuencias de 16S rRNA se realizó utilizando la herramienta EzBioCloud, confirmando que las bacterias asociadas a la pulpa pertenecen a diferentes grupos microbianos, incluidos *Burkholderiales*, *Rhodospirillales*, *Micrococcales* y *Bacillales* (Tabla 1).
Con respecto a los microorganismos celulolíticos, una mayor diversidad de bacterias fue observada, lo cual fue evidente por la presencia de un número más grande de morfotipos. La identificación molecular de estos microorganismos reveló que muchos de estos aislamientos pertenecieron a familias comúnmente asociadas con actividad celulolítica, incluyendo los *Streptomycetales*, mientras que otros no estuvieron asociados a esos grupos canónicos. Se encontraron también bacterias del filo *Bacteroidota*, incluyendo *Chitinophaga,* y varias cepas en diferentes órdenes de *Pseudomonadota* (Tabla 2).

Tabla 1. Identificación molecular de las bacterias asociadas a la pulpa del café.

Taxón	Identificación molecular	% identidad	Cubrimiento	Phylum:Clase:Orden:Familia
SAS317	*Paraburkholderia tropica*	98.12	74.8	*Pseudomonadota:Betabacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS320	*Paraburkholderia tropica*	98.57	67.5	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS321	*Acetobacter vaccinii*	100.0	63.4	*Pseudomonadota:Alphaproteobacteria: Rhodospirillales:Acetobacteraceae*
SAS322	*Curtobacterium flaccumfaciens*	99.26	73.4	*Actinomycetota:Actinobacteria: Micrococcales:Microbacteriaceae*
SAS325	*Comamonas aquatica*	97.89	62.7	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Comamonadaceae*
SAS329	*Paenibacillus illinoisensis*	99.72	72.9	*Bacillota:Bacilli:Bacillales:Paenibacillaceae*
SAS333	*Kozakia baliensis*	99.25	77.4	*Pseudomonadota:Alphaproteobacteria: Rhodospirillales:Acetobacteraceae*

Tabla 2. Identificación molecular de las bacterias aisladas de medios con celulosa como única fuente de carbono.

Taxón	Identificación molecular	Identidad (%)	Cubrimiento (%)	Phylum:Clase:Orden:Familia
SAS309	*Ralstonia pickettii*	99.67	61.4	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS334	*Streptomyces exfoliatus*	97.87	72.9	*Actinomycetota:Actinobacteria: Streptomycetales:Streptomycetaceae*
SAS337	*Burkholderia contaminans*	99.04	64.3	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS338	*Streptomyces acidiscabies*	99.45	62.8	*Actinomycetota:Actinobacteria: Streptomycetales:Streptomycetaceae*
SAS339	*Kitasatospora phosalacinea*	98.41	76.4	*Actinomycetota:Actinobacteria: Streptomycetales:Streptomycetaceae*
SAS340	*Duganella rivi*	98.46	73.6	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Oxalobacteraceae*

SAS341	*Cupriavidus* sp.	98.74	66.0	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS342	*Cupriavidus metallidurans*	98.92	70.9	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS343	*Serratia marcescens*	99.59	67.1	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales:Enterobacteriaceae*
SAS344	*Streptomyces atratus*	99.7	69.1	*Actinomycetota:Actinobacteria: Streptomycetales:Streptomycetaceae*
SAS346	*Mucilaginibacter carri*	98.23	71.5	*Bacteroidota:Sphingobacteriia: Sphingobacteriales:Sphingobacteriaceae*
SAS348	*Cupriavidus metallidurans*	98.06	73.0	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS349	*Serratia marcescens*	98.36	72.2	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales:Enterobacteriaceae*
SAS350	*Chitinophaga jiangningensis*	97.52	73.3	*Bacteroidota:Chitinophagia: Chitinophagales:Chitinophagaceae*
SAS351	*Methylobacterium oryzae*	97.83	74.3	*Pseudomonadota:Alphaproteobacteria: Rhizobiales:Methylobacteriaceae*
SAS352	*Serratia marcescens*	98.32	71.2	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales:Enterobacteriaceae*
SAS354	*Dyella marensis*	96.36	72.1	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales:Rhodanobacteraceae*
SAS355	*Cupriavidus gilardii*	96.33	71.8	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS356	*Chitinophaga jiangningensis*	98.24	67.0	*Bacteroidota:Chitinophagia: Chitinophagales:Chitinophagaceae*
SAS357	*Burkholderia contaminans*	96.28	73.3	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS358	*Serratia marcescens*	98.36	72.1	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales:Enterobacteriaceae*
SAS359	*Pelomonas saccharophila*	97.77	72.6	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Comamonadaceae*
SAS360	*Ralstonia pickettii*	97.42	71.8	*Pseudomonadota:Betaproteobacteria: Burkholderiales:Burkholderiaceae*
SAS363	*Serratia marcescens*	97.47	71.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales:Enterobacteriaceae*

Extracción de ADN total para estudios de diversidad molecular total

El ADN total de la pulpa y mucílago fue obtenido mediante liofilización de las muestras y macerado. El ADN fue extraído empleando el kit DNeasy PowerSoil Pro Kits (Qiagen) (Fig. 4). La pureza del ADN fue confirmada mediante espectrofotometría, obteniendo valores adecuados en la relación 260/280 que indicaron una baja contaminación con proteínas o compuestos orgánicos. La integridad del ADN se evaluó en un gel de agarosa al 0.8 %, donde se observaron bandas claras y bien definidas.

Fig. 4 Aislamiento de ADN total de la pulpa. Las muestras de pulpa fueron congeladas a -80ºC y posteriormente liofilizadas. La pulpa liofilizada fue posteriormente homogenizada con nitrógeno líquido y un mortero. La pulpa homogeneizada fue conservada a -80ºC y empleada para extracción de ADN total.

Conclusiones

En este trabajo se llevó a cabo el aislamiento de microorganismos asociados a la pulpa del café, así como de bacterias con potencial celulolítico provenientes del suelo. El objetivo fue establecer una colección de microorganismos con potencial para optimizar el proceso de compostaje de los residuos del café, maximizando su aprovechamiento. La pulpa de café presentó una diversidad microbiana cultivable limitada en comparación con otros ambientes, como el suelo. Su microbiota estuvo compuesta principalmente por bacterias y, posiblemente, levaduras. En cuanto a las bacterias celulolíticas, se observó una mayor variedad de morfotipos, reflejo de una notable diversidad taxonómica. Estos microorganismos demostraron la capacidad de crecer en medios de cultivo donde diversas formas de celulosa actuaron como única fuente de carbono. La colección de microorganismos generada constituye un recurso valioso para identificar cepas promisorias capaces de acelerar el compostaje de la pulpa y mejorar la calidad del producto final.

Recomendaciones –Pasos a seguir

Oportunidad para muestreo en campo por Agrosavia: Se recomienda que el equipo de Agrosavia realice un muestreo directo en las fincas experimentales para obtener datos. Esto permitirá una mejor comprensión de la variabilidad microbiana y del estado de la biomasa en las condiciones reales del campo.
Ampliar la caracterización microbiológica: Continuar con la identificación de microorganismos en las otras fincas experimentales.

Secuenciación y análisis metagenómico: Implementar la secuenciación de ADN extraído para caracterizar la comunidad microbiana, identificando microorganismos no cultivables con potencial degradativo.

Aplicación en experimentos de compostaje: Evaluar la efectividad de los microorganismos aislados en ensayos piloto de compostaje, utilizando mezclas de pulpa y otros materiales orgánicos. Monitorear la velocidad de descomposición y la calidad del compost.

Monitoreo de parámetros fisicoquímicos: Durante los ensayos de compostaje, controlar parámetros como la temperatura, humedad, pH y contenido de carbono/nitrógeno para optimizar el proceso y mejorar la calidad del compost.

Evidencias - Anexos

Como anexo se incluye el "Protocolo para toma de muestras de raíces de café".

Tabla 16. Documentos de investigación: Evaluación de microorganismos para optimizar el proceso de transformación y habilitación de la biomasa de café.

Componente
Componente 2. Mejoramiento genético, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas y su escalamiento para aumentar la resiliencia y propiciar un desarrollo agropecuario bajo en carbono.
Eje
Eje 4. Técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas y su escalamiento para incrementar resiliencia y mitigación
Actividad GCF
E4.A5. Determinación de óxido nitroso procedentes de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en café y la implementación de alternativas para su manejo
Tipo de documento: Reporte
Reporte
Objetivo
El objetivo del estudio es identificar microorganismos con capacidad fijadora de nitrógeno asociadas a la endosfera de plantas de café, como potencial insumo para la fertilización biológica del cultivo.
Justificación
El N_2O es un potente gas de efecto invernadero, y su generación se intensifica en suelos agrícolas debido a la fertilización con compuestos nitrogenados, lo cual promueve procesos de nitrificación y desnitrificación

incompleta que liberan N_2O (Smith, 2010). Identificar microorganismos con capacidad fijadora de nitrógeno en las muestras de café permite reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, ya que estos microorganismos convierten el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas, mejorando la eficiencia en el uso del nitrógeno (Dong et al., 2023). De esta manera, se contribuye a una agricultura más sostenible y amigable con el medio ambiente. La incorporación de estos microorganismos en una estrategia de manejo integrado del suelo tiene el potencial de disminuir las emisiones de N_2O al optimizar el ciclo del nitrógeno. Esto se logra no solo al fijar nitrógeno, sino también al modificar las condiciones del suelo para favorecer procesos como la desnitrificación completa, lo que reduce la liberación de N_2O (Philippot et al., 2007). Además, la mejora de la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno puede mantener o incluso aumentar los rendimientos de los cafetales, asegurando una productividad agrícola sostenible y resiliente (Gui et al., 2021). Así, se fortalece la capacidad del sistema agrícola para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros.

Por lo tanto, el enfoque del estudio no solo busca reducir el impacto ambiental del cultivo de café, sino también promover prácticas agrícolas sostenibles que mejoren la calidad del suelo y reduzcan la necesidad de insumos químicos. Esto se alinea con los objetivos globales de sostenibilidad en la agricultura, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y a la salud del ecosistema agrícola.

Antecedentes

La diversidad de microorganismos que intervienen en la reducción de N_2O sugiere que las estrategias para mitigar las emisiones agrícolas pueden beneficiarse de un enfoque que incluya múltiples tipos de organismos con funciones complementarias en el ciclo del nitrógeno. Investigaciones recientes han señalado que no solo las bacterias con el gen *nos*Z, sino también otros microorganismos, como arqueas y hongos, desempeñan un papel importante en la regulación de los niveles de N_2O en el suelo. Por ejemplo, ciertas arqueas del grupo Thaumarchaeota, involucradas en la oxidación de amonio, pueden influir en la dinámica del N_2O al alterar la disponibilidad de sustratos clave en el proceso de desnitrificación (Francis et al., 2007; Dong et al., 2023). La integración de diversos microorganismos en las estrategias de manejo del suelo puede, por lo tanto, ampliar el impacto positivo en la reducción de emisiones y contribuir a una agricultura más sostenible. Además, los hongos del género *Fusarium* han mostrado la capacidad de reducir el N_2O en condiciones anaeróbicas, lo que sugiere su posible contribución a la disminución de emisiones en suelos ricos en materia orgánica (Gui et al., 2021). La combinación de bacterias, hongos y arqueas con capacidades complementarias puede potenciar la eficacia global en la mitigación de emisiones al optimizar el ciclo del nitrógeno y reducir las pérdidas gaseosas. Esta diversidad microbiana no solo mejora la gestión del nitrógeno en los suelos agrícolas, sino que también promueve una mayor resiliencia en los ecosistemas agrícolas, contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo al estabilizar la dinámica del suelo y mejorar su capacidad para soportar el cultivo (Tang et al., 2024; Philippot et al., 2007). De este modo, la integración de diferentes microorganismos ofrece una estrategia efectiva para abordar los desafíos ambientales en la agricultura moderna, potenciando la salud del suelo y la eficiencia en el uso de recursos. Por lo tanto, una estrategia holística que aproveche la diversidad funcional de la microbiota del suelo es clave para maximizar el impacto positivo en la sostenibilidad agrícola y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero en la agricultura.

Metodología

Recolección y preparación de las muestras: Las raíces de la planta de café se limpiaron cuidadosamente con agua estéril para eliminar residuos de suelo y materia orgánica externa. Las raíces fueron maceradas en PBS. Para garantizar un rango adecuado de densidad microbiana, se realizaron diluciones seriadas de las suspensiones desde 10^{-1} hasta 10^{-3}. Estas diluciones fueron utilizadas para el aislamiento de microorganismos fijadores de nitrógeno.

Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno: Se emplearon tres medios de cultivo sólidos sin suplementación de nitrógeno, complementados con vitaminas RPMI 1640 y diferentes fuentes de carbono: glucosa, manitol y malato de sodio, cada una a una concentración de 10 mM. Adicionalmente, se prepararon tubos con medio semisólido NFb. Las suspensiones diluidas se plaquearon en los medios sólidos y se incubaron

a 30°C bajo condiciones de aerobiosis y microaerofilia, utilizando el sistema CampyGen 2.5L. Las colonias que mostraron características morfológicas distintas fueron repicadas varias veces sobre los mismos medios para garantizar su capacidad para fijar nitrógeno. Los morfotipos seleccionados fueron conservados a -80ºC.

Extracción de ADN genómico y PCR: Para la identificación taxonómica de los microorganismos aislados, se realizó una extracción de ADN genómico utilizando el método de lisis alcalina, que permite una ruptura eficiente de las paredes celulares bacterianas. Posteriormente, se llevó a cabo una amplificación por PCR utilizando OneTaq 2X Master Mix (NEB) y primers universales 27F y 1492R para amplificar el gen 16S rRNA. Las reacciones de PCR incluyeron una desnaturalización inicial a 94 °C por 3 minutos, seguida de 30 ciclos de desnaturalización, alineación y extensión, terminando con una extensión final a 72 °C durante 5 minutos.

Visualización y secuenciación de amplicones: Los productos de PCR se evaluaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1%. Se seleccionaron 16 morfotipos que generaron bandas de aproximadamente 1500 pb para su análisis posterior. Los productos de PCR seleccionados fueron purificados y enviados a Azenta (USA) para su secuenciación, utilizando el primer interno 1391R en las reacciones. Este procedimiento garantizó una cobertura adecuada de las regiones conservadas y variables del gen 16S rRNA.

Análisis bioinformático y generación de perfiles microbianos: Las secuencias obtenidas en formato FASTA se procesaron utilizando herramienta EzBioCloud. Este análisis permitió determinar la identidad taxonómica de los microorganismos aislados.

Resumen ejecutivo

En este estudio, se aislaron e identificaron microorganismos fijadores de nitrógeno a partir de muestras de raíces de café provenientes de la finca El Naranjal, ubicada en Chinchiná. La metodología empleada incluyó el uso de medios de cultivo sólidos y semisólidos, diseñados con diferentes fuentes de carbono y bajo condiciones de incubación en aerobiosis y microaerofilia, con el fin de favorecer el crecimiento de diversas bacterias diazotróficas. Se evidenció crecimiento en todos los medios, lo que indica la presencia de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno. Los morfotipos obtenidos fueron identificados mediante análisis del gen 16S rRNA, mostrando que la mayoría de los aislamientos correspondieron al género *Stenotrophomonas*, conocido por incluir especies con capacidad de fijar nitrógeno. Estos hallazgos sugieren que la endosfera del café podría estar dominada por un número limitado de taxones de bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para caracterizar de manera más completa la diversidad microbiana asociada a las plantas de café. La colección de microorganismos generada constituye un recurso valioso para el desarrollo de tecnologías destinadas a reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Capítulos que se van a desarrollar

Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno Para el aislamiento de bacterias diazótrofas endófitas se emplearon medios con diferentes fuentes de carbono (glucosa, manitol y malato de sodio) y condiciones de incubación tanto en aerobiosis como en microaerofilia, utilizando el sistema CampyGen 2.5L para generar las condiciones de microaerofilia. Estas variaciones en el crecimiento sugieren la presencia de diferentes grupos de bacterias diazotróficas. En los medios semisólidos NFb (Fig. 1), se observó un crecimiento característico en forma de anillos, lo que es un indicativo claro de actividad fijadora de nitrógeno. Los morfotipos seleccionados fueron purificados y conservados para su posterior análisis molecular (Fig. 2).

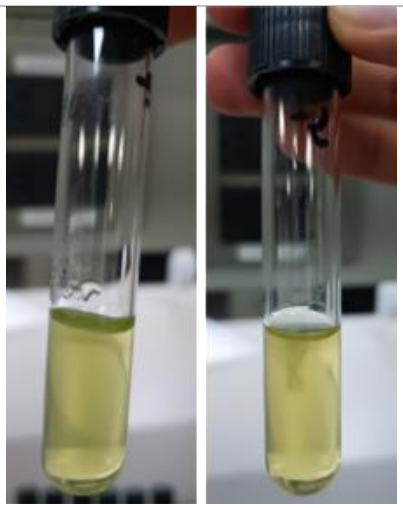


Fig. 1 Aislamiento de bacterias diazótrofas microaerofílicas. Se empleó medio semisólido NFb para el aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno microaerofílicas. La aparición de un anillo fue indicativo de este proceso

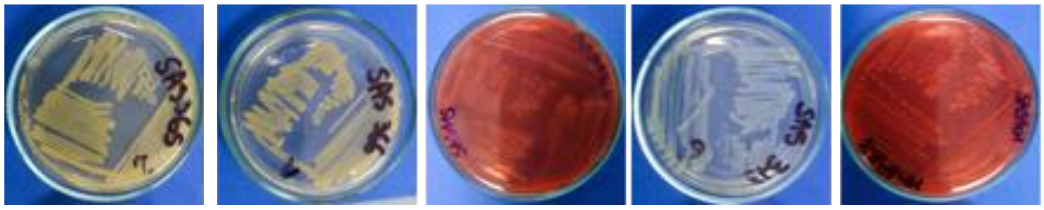


Fig. 2 Aislamiento de organismos diazótrofos. Diversos medios fueron empleados para el aislamiento y selección de bacterias fijadoras de nitrógeno asociados a la endosfera del café.

Identificación molecular de bacterias diazotróficas Se llevó a cabo la identificación molecular de las bacterias aisladas utilizando amplificación por PCR del gen 16S rRNA, un marcador genético universal para la caracterización taxonómica de bacterias. La reacción de PCR, realizada con los primers universales 27F y 1492R, produjo amplicones de aproximadamente 1500 pb, los cuales fueron visualizados en gel de agarosa al 1%. El amplicón de 16S rRNA de un total de 16 cepas seleccionadas fueron enviados a secuenciación a Azenta (USA) utilizando el primer interno 1391R. Las secuencias obtenidas fueron analizadas empleando la herramienta EzBioCloud.

Los resultados de la secuenciación mostraron que la mayor parte de los morfotipos seleccionados pertenecieron al género *Stenotrophomonas spp.* Este género se caracteriza por tener miembros con la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante el complejo nitrogenasa. Así mismo, se identificaron especies de *Chryseobacterium*, *Pantoea*, *Kluyvera, y Agrobacterium.* Es notable que a pesar de que se usaron varias condiciones para el aislamiento de estos microorganismos incluyendo diversas fuentes de carbono y diferentes tensiones de oxígeno, los aislamientos estuvieron restringidos a un número limitado de especies. Estos resultados sugieren que procesos de selección más exhaustivos deben ser usados, o que la diversidad molecular de bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a las raíces de café es baja. Futuros análisis empleando herramientas independientes de cultivo pueden proveer un panorama más completo y permitir un aislamiento más enfocado.

Tabla 2. Identificación molecular de las bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas.

Taxón	Identificación molecular	Identidad (%)	Cubrimiento (%)	Phylum:Clase:Orden:Familia
SAS364	*Chryseobacterium sp.*	99.54	60.5	*Bacteroidota:Bacteroidia: Flavobacteriales:Flavobacteriaceae*
SAS365	*Stenotrophomonas maltophila*	100.00	59.3	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS366	*Stenotrophomonas maltophila*	99.89	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS367	*Stenotrophomonas maltophila*	99.54	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS369	*Stenotrophomonas maltophila*	100.00	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS370	*Stenotrophomonas maltophila*	100.00	59.3	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS371	*Stenotrophomonas maltophila*	98.53	56.9	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS372	*Stenotrophomonas maltophila*	100.00	59.2	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS373	*Stenotrophomonas maltophila*	99.89	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS374	*Stenotrophomonas maltophila*	99.89	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS375	*Stenotrophomonas maltophila*	100.00	59.6	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS377	*Pantoea sp.*	100.00	59.6	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS378	*Stenotrophomonas maltophila*	99.43	59.4	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales: Enterobacteriaceae*
SAS379	*Kluyvera sp.*	99.31	59.7	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Enterobacterales: Erwiniaceae*
SAS380	*Stenotrophomonas maltophila*	99.13	54.5	*Pseudomonadota:Gammaproteobacteria: Xanthomonadales: Xanthomonadaceae*
SAS381	*Agrobacterium sp.*	99.54	62.0	*Pseudomonadota:Alphaproteobacteria: Rhizobiales: Rhizobiaceae*

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a las raíces de café, destacándose el género *Stenotrophomonas* como el más representativo. La capacidad de estas bacterias para crecer en condiciones específicas y su identificación mediante el análisis del gen 16S rRNA resaltan el potencial de la endosfera del café como un nicho dominado por taxones clave de microorganismos diazotróficos. Estos hallazgos aportan una base sólida para futuros estudios destinados a caracterizar de manera integral la diversidad microbiana asociada a las plantas de café. Asimismo, la colección de microorganismos generada en este trabajo constituye un recurso prometedor para el desarrollo de biotecnologías enfocadas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles.

Recomendaciones –Pasos a seguir

Ampliar el aislamiento de microorganismos: Se recomienda completar los tres muestreos pendientes en las otras fincas experimentales de Cenicafé para alcanzar el 100% de las muestras planificadas. Estos muestreos

deben realizarse en las tres fincas restantes, bajo distintas condiciones edafoclimáticas, para obtener una mayor representatividad y diversidad de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno.

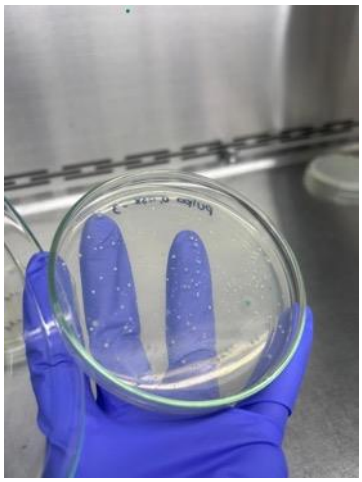
Evaluar la funcionalidad de los microorganismos aislados: En 2025, se sugiere realizar ensayos específicos en vivero de café para evaluar la capacidad de las bacterias aisladas para fijar nitrógeno y reducir las emisiones de óxido nitroso (N_2O) en condiciones controladas. Estos ensayos incluirán pruebas de eficiencia en la fijación de nitrógeno, con el objetivo de determinar su potencial como biofertilizantes en el cultivo de café. La implementación de estas pruebas en condiciones de vivero permitirá observar los efectos de los microorganismos en el desarrollo de las plantas y en la reducción de emisiones, proporcionando datos relevantes para su aplicación en prácticas agrícolas sostenibles.

Estudios moleculares y de secuenciación: Utilizar técnicas de secuenciación del ADN para caracterizar más a fondo la diversidad microbiana y comprender mejor las funciones metabólicas de los microorganismos aislados.

Realizar un muestreo en campo por el equipo de Agrosavia: Es importante que los investigadores realicen un muestreo directo en las fincas para asegurar la correcta obtención de muestras y evaluar en situ las condiciones que podrían influir en la efectividad de los microorganismos.

Evidencias - Anexos

Como anexo se incluye el Protocolo para identificación de bacterias por análisis del 16S rRNA



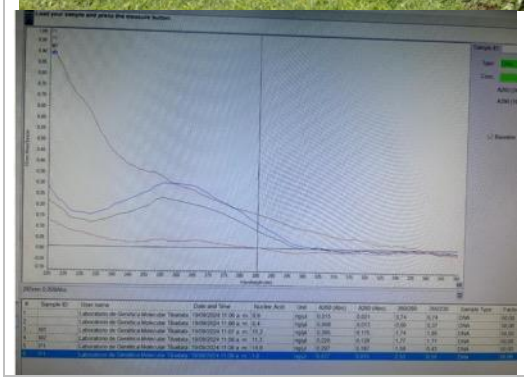


Tabla 40. Documentos de investigación: reporte técnico del ensamble y ajustes sensores para metano entérico ganadería.

Campo
Componente 1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje 1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Tipo de documento: Reporte técnico del ensamble y ajustes de sensores remotos para el monitoreo de las emisiones de CH4 entérico de bovinos en pastoreo
Objetivo: Presentar el reporte técnico del ensamble y ajustes de sensores remotos para el monitoreo de las emisiones de CH4 entérico de bovinos en pastoreo
Justificación: Las herramientas para la cuantificación de CH4 entérico en rumiantes en pastoreo en LAC son limitadas, debido al costo y eficiencia de implementación. En rumiantes en pastoreo el método SF6 requiere una basta infraestructura a nivel de campo, laboratorio e insumos, limitando su aplicación a granjas experimentales de la academia y la investigación. Existen opciones no invasivas para la cuantificación la emisión de CH4 entérico, pero estas requerirían ser importadas de otras regiones del mundo, implicando altos costos por impuestos, transporte y devaluación de la moneda local. La construcción de un sensor individual resulta tener un costo inferior al costo de la importación de un sistema comercial que incluso no haga mediciones en continuo y permitirá mejorar el sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de las emisiones de GEI de la ganadería.
Antecedentes: Desde el trabajo previo de Agrosavia (Convenio TV19-25 del 2020) se han diseñado y evaluado prototipos de un sistema basado en sensores remotos para el monitoreo de las emisiones de CH4 entérico de bovinos en pastoreo en tiempo real y actualmente se cuenta con recomendaciones de ajustes necesarios para llevar este prototipo integrado a una etapa de validación en condiciones de finca, que permita cuantificar la emisión de CH4 de forma no invasiva y simultánea en varios animales en pastoreo. El sistema debe estar en capacidad de realizar mediciones automáticas (en continuo) durante periodos de 24 horas, sin la intervención de un operario; lo que permite tener más exactitud, generar un mejor modelo predictivo y no perturbar el comportamiento animal.
Metodología: Con la finalidad de iniciar el ensamble y ajuste del sensor desarrollado previamente por el equipo de AGROSAVIA (Convenio TV19-25 del 2020), se contrataron dos ingenieros eléctricos y/o electrónicos. A continuación, la metodología implementada: **1**. **Diseño y selección del sensor**: Se realizó una evaluación exhaustiva para seleccionar el sensor más adecuado para medir las emisiones de metano en bovinos. Los sensores deben cumplir los siguientes requisitos clave: • Rango operativo: Capacidad para medir concentraciones de metano en el rango de 0-5000 ppm. • Eficiencia energética: Bajo consumo de energía para prolongar la duración de la batería en condiciones de campo. 2. **Implementación de monitoreo continuo**: El sistema fue diseñado para capturar datos de manera continua, registrando tanto la concentración de metano como el flujo de gas durante un período mínimo de 24 horas. Para ello: • Se integró un sistema de adquisición de datos con capacidad de almacenamiento local. • Se implementó una interfaz para la transferencia de datos y/o visualización remota mediante tecnologías inalámbricas como Bluetooth o LoRa. 3. **Adaptación a las condiciones ambientales**: El dispositivo fue diseñado para operar en las condiciones extremas del entorno al que estará expuesto, cumpliendo con las siguientes especificaciones: • Resistencia al agua y humedad: encapsulamiento que lo protegerá de la lluvia y la exposición al rocío. • Tolerancia térmica: Funcionamiento asegurado en un rango de temperatura de 4°C a 40°C para adaptarse a cambios diurnos y nocturnos.

- Durabilidad: Materiales resistentes que soporten la fricción y el desgaste ocasionado por el movimiento del animal.

4. **Diseño no invasivo**: Se priorizó el bienestar del animal mediante un diseño ergonómico y liviano, que cumpla con las siguientes condiciones:

- El dispositivo será de bajo peso para minimizar molestias y se fijará en el lomo del bovino utilizando arneses o estructuras ajustables que no restrinjan el movimiento.
- Permitirá al animal realizar actividades normales como comer, caminar y descansar sin interferencias.

5. **Sistema de alimentación y autonomía**: El dispositivo tiene una batería recargable diseñada para garantizar un funcionamiento continuo de al menos 24 horas

6. **Almacenamiento y transmisión de datos**: El sistema cuenta con capacidades de almacenamiento local para registrar los datos de manera segura, junto con opciones de transmisión remota mediante tecnología inalámbrica para facilitar su análisis. Se implementarán protocolos de sincronización para garantizar la integridad y disponibilidad de los datos.

7. **Validación y pruebas de campo**: El sistema fue probado en condiciones reales para validar su precisión, durabilidad y funcionalidad. Estas pruebas incluyeron:

- Ensayos de medición continua en bovinos en condiciones de pastoreo.
- Evaluación del impacto del dispositivo en el comportamiento del animal.
- Verificación de la resistencia a las condiciones ambientales típicas del entorno.

Resumen ejecutivo: este avance presenta las actividades realizadas para el ensamble y ajuste de un sistema basado en sensores remotos para el monitoreo de las emisiones de CH4 entérico de bovinos en pastoreo. Se realizó el diseño y la selección del sensor, la implementación del monitoreo continuo, se realizaron ajustes y adaptaciones a las condiciones ambientales garantizando un diseño no invasivo para el animal y un sistema de alimentación que le permita tener autonomía. Adicionalmente, se implementó un sistema de almacenamiento y transmisión de datos. Finalmente, se realizaron pruebas de campo para la validación en los centros de investigación de AGROSAVIA utilizando vacas de leche en trópico alto y toros de la raza BON en condiciones de trópico bajo. Nuestros resultados resaltan la importancia de la ubicación y el diseño del sensor en la medición de gases de efecto invernadero, como el metano, en contextos específicos. Se realizarán adaptaciones ergonómicas para reducir el tamaño del prototipo y mejorar el ajuste a la cabeza del animal. Se diseñarán cabezales para proteger mejor las baterías y mangueras.

Capítulos que se van a desarrollar

1. Calibración sensor de metano

Las pruebas de calibración para el sensor MQ4 se hicieron en sala limpia, con bajos niveles de contaminación en el ambiente. El montaje del sensor MQ4 para pruebas fue realizado considerando un montaje que permita condiciones controladas de ingreso de aire y concentraciones conocidas del gas metano como muestra la figura 6.

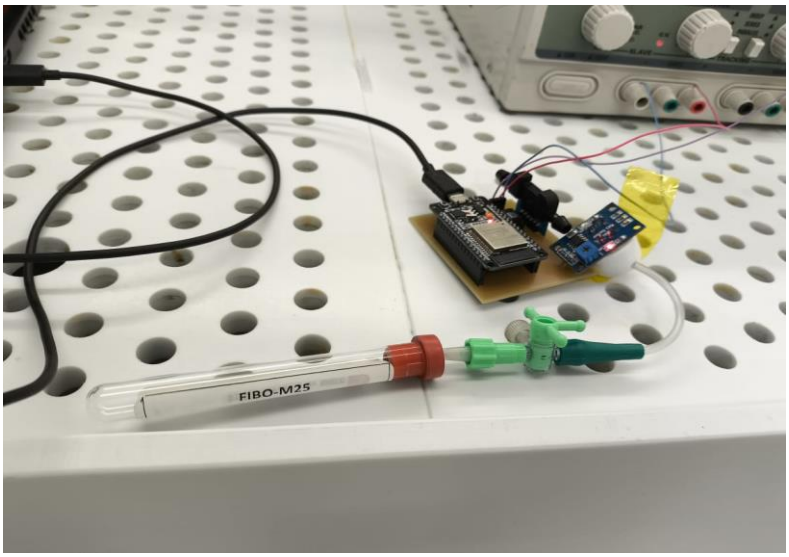


Figura 1. Montaje realizado del sensor MQ4 para pruebas con manguera de 5 cm.

En la prueba 1, se acopló un tubo con concentraciones desde 20 hasta 141 ppm (Figura 2) y maguera de 3 mm de diámetro con un largo de 1 metro. El tiempo promedio del sensor para iniciar la medición en esta prueba fue de 4 minutos. Sin embargo, en esta primera calibración se observa que no hay un comportamiento lineal de las concentraciones inyectadas vs. Registradas.

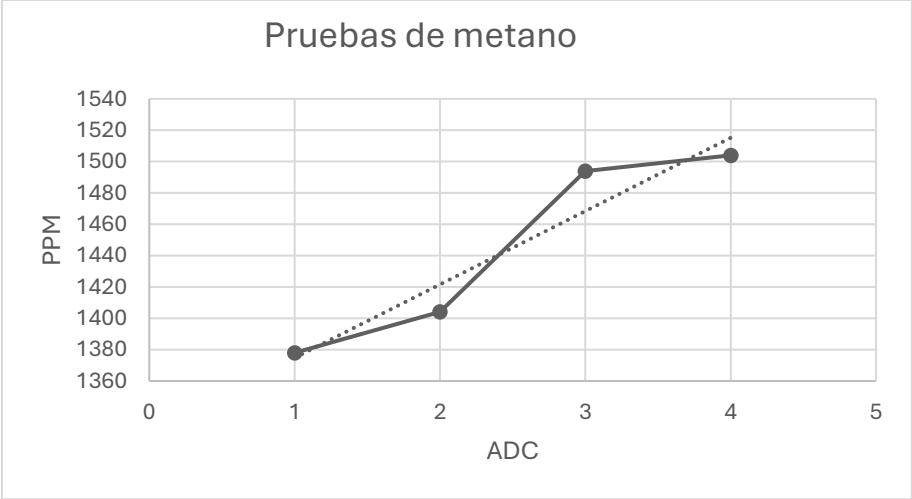


Figura 2. Calibración sensor MQ4 con manguera de 100 cm.

En la prueba 2, se acoplaron concentraciones mayores a la prueba 1, se usó una manguera de largo de 5 cm, que registró desde 100 hasta 600 ppm (Figura 3), con un tiempo de lectura aproximado de 3 minutos. Para la prueba tres, debido a los resultados obtenidos en las pruebas anteriores y los tiempos de lectura superiores a tres minutos, se tomó la decisión de inyectar el metano mediante una jeringa con concentraciones superiores a las registradas en la

prueba 1, oscilando entre 500 y 2000 ppm. Esta metodología permitió obtener lecturas al instante, lo que mejoró considerablemente la curva de calibración del sensor (Figura 4).

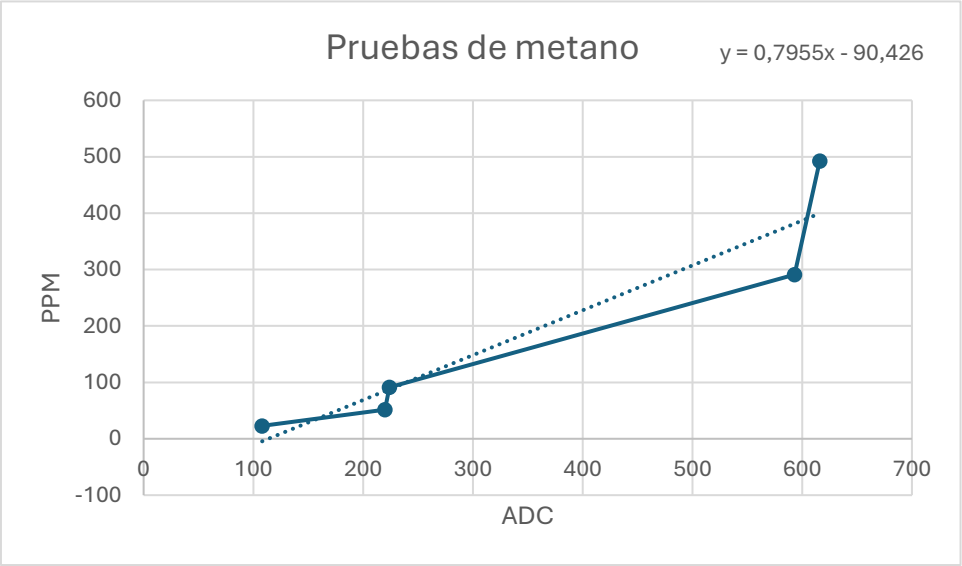


Figura 3. Calibración sensor MQ4 con manguera de 5 cm

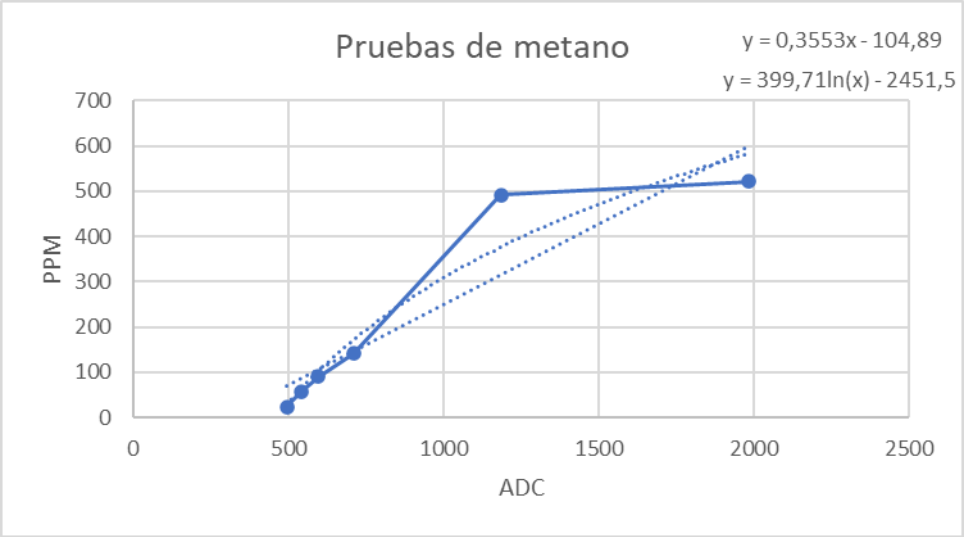


Figura 4. Calibración 1 sensor MQ4 con manguera de 5 cm

2. Verificación de la movilidad del gas metano con termografía

Debido a los resultados no lineares observados en las tres curvas de calibración previamente realizadas, se definió utilizar una Cámara térmica (U5855A TrueIR Thermal Imager, keysight) para confirmar que el gas metano se estuviese moviendo entre el tubo y el sensor. Se observó como el gas presenta temperatura inferior al medio ambiente, y su movilidad entre el tubo y el sensor es reducida después de 5 minutos (Figura 5).

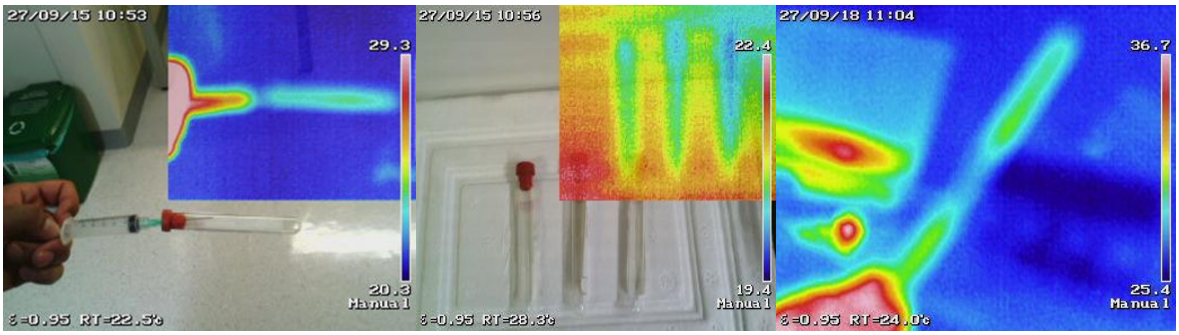


Figura 5. Pruebas termográficas de la movilidad del gas metano entre los tubos de ensayo y el sistema ensamblado al sensor MQ4.

3. Calibración sensor de flujo.

Para el sensor de flujo FS1012, se realizaron pruebas utilizando aire con el objetivo de verificar la linealidad del sensor. Las pruebas consistieron en hacer pasar aire por el sensor, tomando mediciones dentro del rango de 0 a 3 psi. Se comprobó que el caudal de entrada era el mismo que el de salida, verificando esto mediante la colocación de manómetros en ambos puntos. Se determinó que el sensor requería cambios grandes en el caudal para que se reflejaran variaciones en su lectura (Figura 6).

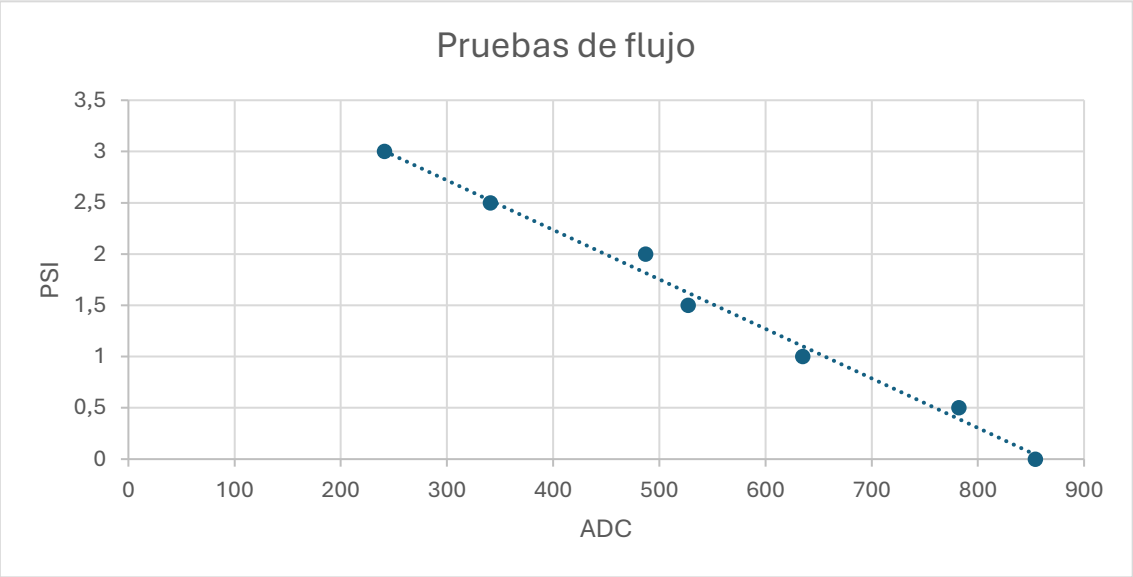


Figura 6. Curva de calibración sensor flujo FS1012.

4. Validación de sensores en bovinos en condiciones de pastoreo

Las validaciones en campo se realizaron en bovinos mantenidos en sistemas de pastoreo rotacional de los centros de investigación Tibaitatá y el Nus, ubicados en Mosquera, Cundinamarca y en San Roque, Antioquia, respectivamente. En todas las pruebas los animales eran seleccionados por mansedumbre y adicionalmente un periodo de adaptación del mismo a los cabezales era implementado, considerando mínimo 4 días para la adaptación. Los animales fueron

mantenidos en su ambiente rutinario asociado a manejo, alimentación, personal etc. El día de la prueba los animales fueron desplazados al corral y mediante ayuda de brete de contención, inmovilizados para el posicionamiento del sistema en el cabezal. Este posicionamiento se realizó de la manera mas rápida posible y siempre buscando no perturbar el bienestar del animal. En seguida, el animal era suelto en su ambienta natural hasta finalizar la prueba. Una vez finalizada, el animal era movilizado nuevamente al corral pare retirada del cabezal y dispositivos.

Se realizó una prueba en la que se posicionó el prototipo lo más cerca posible de la nariz del bovino. Para ello, se utilizó un cabezal que sujetaba el prototipo en la parte lateral de la cara del animal. Este cabezal fue posicionado en el animal 4 dias antes de la prueba para facilitar su manejo y adaptación al mismo. La vaca pastoreaba un forraje de Kikuyo y era suplementada con concentrado balanceado acorde su estado fisiológico.

En la prueba se emplearon dos sensores MQ4: el primer sensor estaba expuesto directamente al ambiente, mientras que el segundo sensor estaba conectado a una manguera que conducía el metano desde la nariz del bovino hacia el sensor. El objetivo de este arreglo era verificar si el segundo sensor podía tomar mediciones a través de la manguera. Con el primer sensor se realizaron mediciones de metano tanto del animal como del entorno. La figura 7 muestra la disposición del prototipo en la vaca. Durante la prueba realizada en el centro de investigación de Agrosavia Tibaitatá, se tomaron datos durante una hora y media, periodo en el cual el animal realizó sus actividades habituales.

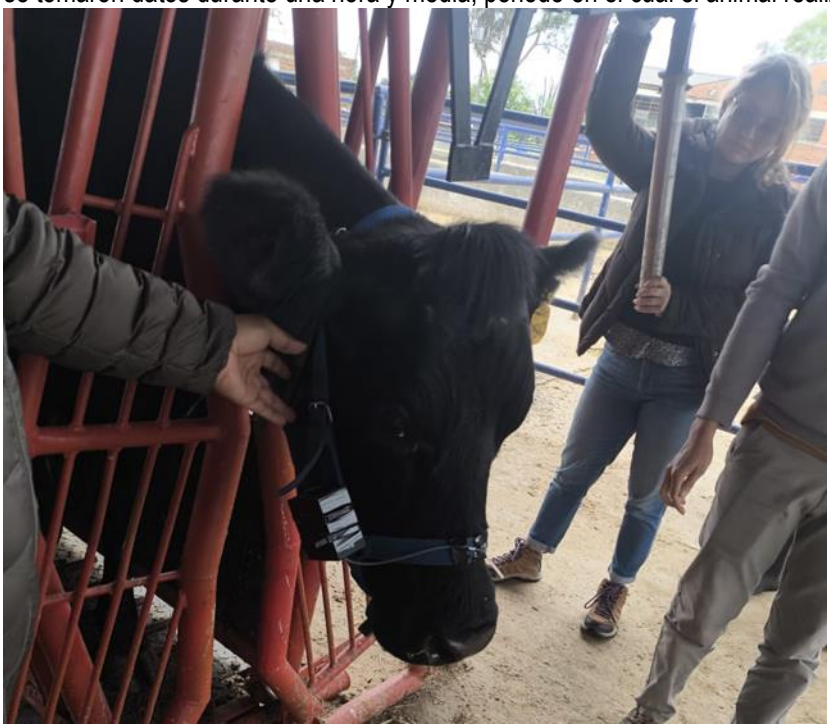


Figura 7. Prueba del sistema acoplado a cabezal en vaca lechera en el centro de investigación Tibaitatá.

La Figura 8 muestra los datos obtenidos por el sensor 1, expuesto al medio ambiente, registrando mediciones de metano en el rango de 400 a 1200 ppm. Este sensor captura tanto las emisiones de metano del animal como las del entorno. En contraste, la Figura 9 presenta los datos del sensor 2, conectado a una manguera que transportaba el metano desde la nariz del animal hasta el sensor, con un rango de medición entre 60 y 280 ppm.

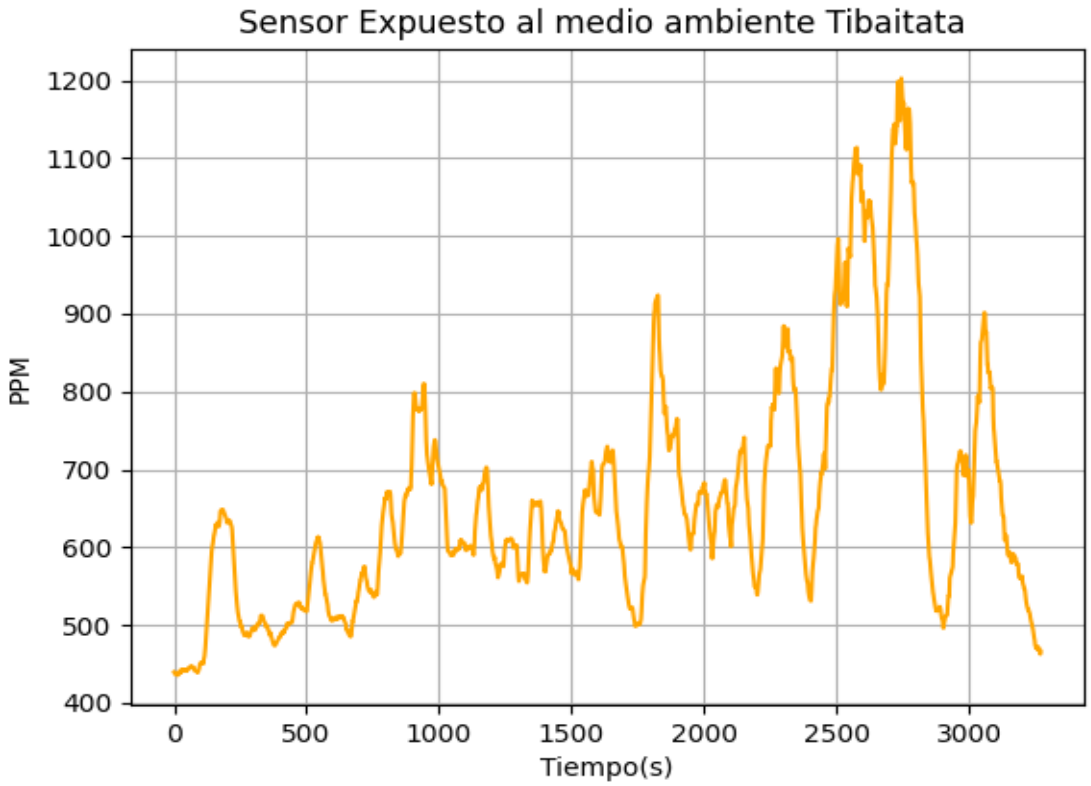


Figura 8. Sensor expuesto al medio ambiente resultado de la prueba implementada en vaca de leche en el Centro de investigación Tibaitata

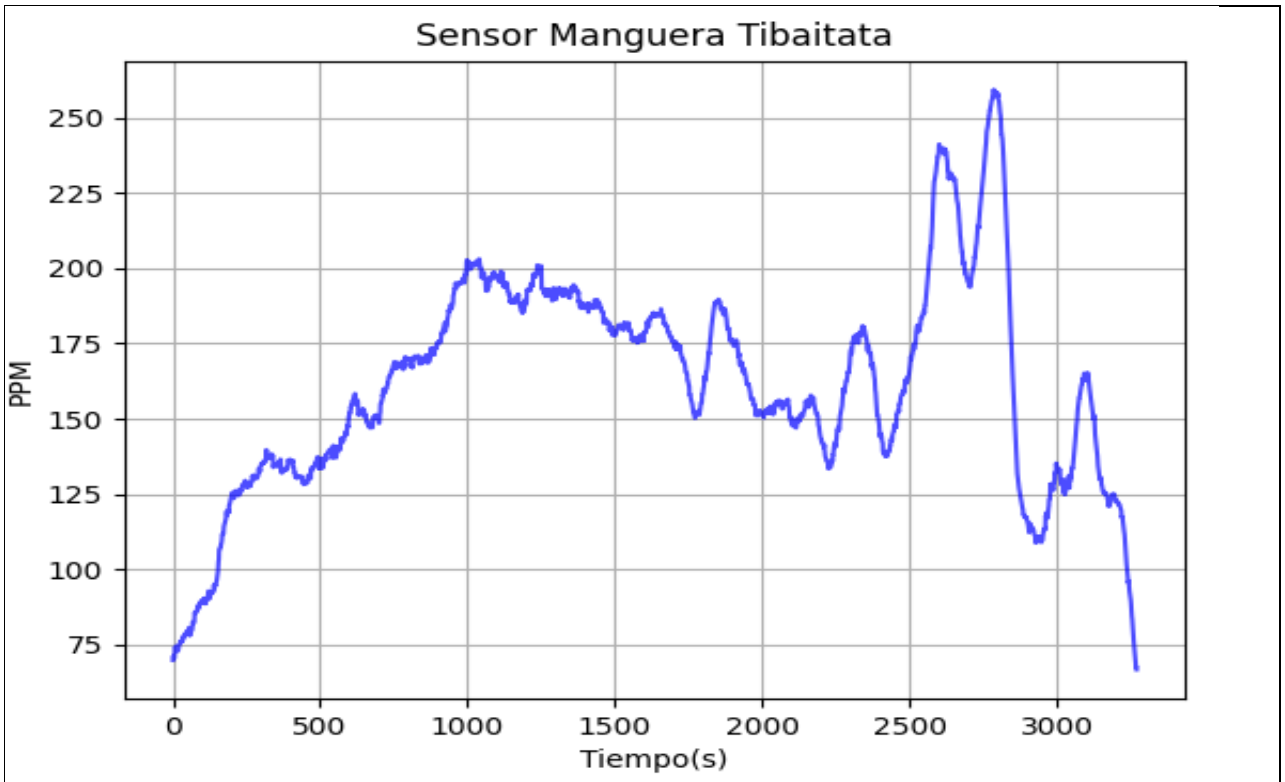


Figura 9. Sensor con manguera resultado de la prueba implementada en vaca de leche en el Centro de investigación Tibaitatá

Una segunda prueba en campo se realizó con animales de la raza BON en el centro de investigación El Nus, en San Roque, Antioquia. La Figura 10 muestra la disposición del prototipo colocado al lado derecho de la cara del animal. Estos animales fueron adaptados al cabezal 4 dias antes de la prueba y permanecían en sistema de pastoreo de *U.decumbens* con suplementación mineral. Durante la prueba se tomaron datos de metano durante 2 horas y 20 minutos. El primer sensor realizaba mediciones del medio ambiente y del animal, mientras que el segundo sensor tomaba mediciones de la nariz a través de una manguera.

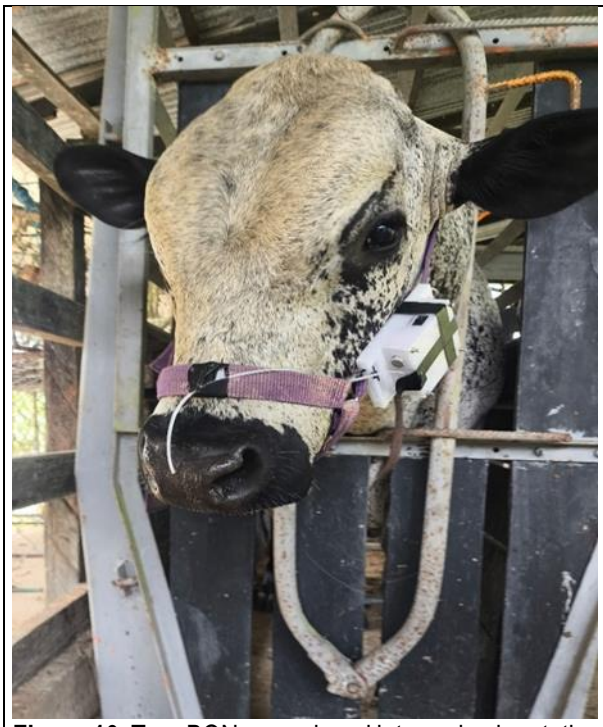


Figura 10. Toro BON con cabezal integrado al prototipo para medición de metano entérico en condiciones de pastoreo. Prueba realizada en el Centro de Investigación El Nus de Agrosavia.

La Figura 11 presenta los datos del sensor 2, conectado a una manguera que transportaba el metano desde la nariz del animal hasta el sensor, con un rango de medición entre 20 y 330 ppm. En contraste, Figura 12 muestra los datos obtenidos por el sensor 1, expuesto al medio ambiente, registrando mediciones de metano en el rango de 400 a 1400 ppm. Este sensor captura tanto las emisiones de metano del animal como las del entorno.

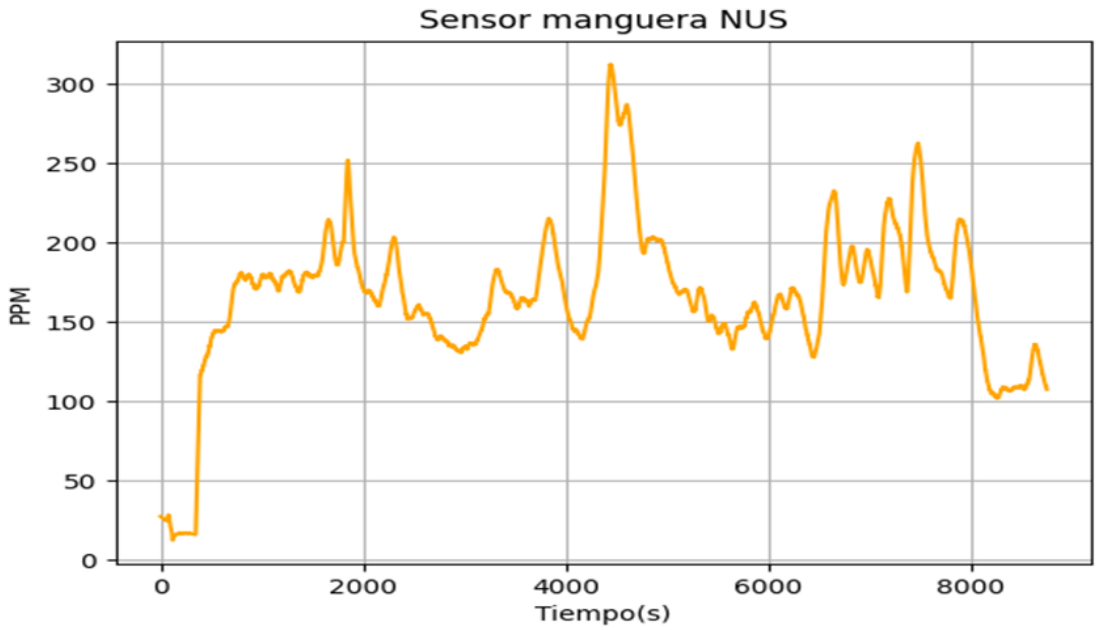


Figura 11. Resultados de las mediciones realizadas por el sensor acoplado a la manguera cerca de la nariz del toro con cabezal integrado al prototipo para medición de metano entérico en condiciones de pastoreo en el Centro de Investigación El Nus de Agrosavia.

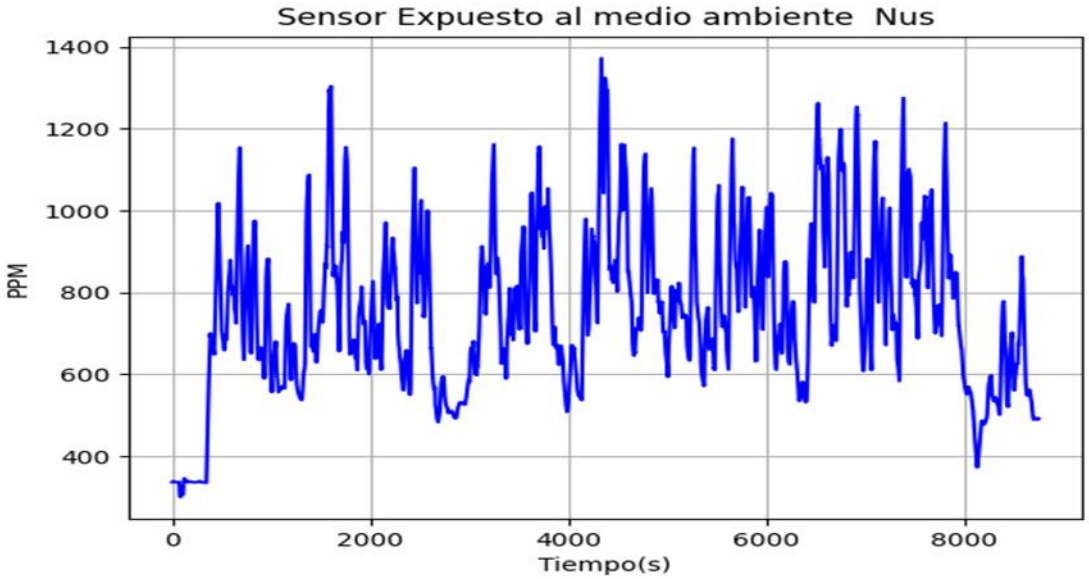


Figura 12. Resultados de las mediciones realizadas por el sensor posicionado para capturar el medio ambiente del toro con cabezal integrado al prototipo para medición de metano entérico en condiciones de pastoreo en el Centro de Investigación El Nus de Agrosavia.

Conclusiones Los resultados obtenidos en las tres pruebas permiten evaluar la efectividad de diferentes métodos de inyección de metano y su impacto en las mediciones del sensor. En la prueba 2, al aumentar las concentraciones y utilizar una manguera de 5 cm, se registraron niveles de metano entre 100 y 600 ppm, con un tiempo de lectura de aproximadamente 3 minutos. Sin embargo, para la prueba 3, al emplear una jeringa para inyectar concentraciones más altas (500 a 2000 ppm), se logró obtener lecturas instantáneas, lo que mejoró significativamente la curva de calibración del sensor. A pesar de estos avances, las curvas de calibración mostraron un comportamiento no lineal, lo que llevó a la utilización de una cámara térmica para observar el movimiento del gas metano. Los resultados de esta cámara confirmaron que el metano, al ser inyectado, presentaba una temperatura inferior al ambiente, y su movilidad entre el tubo y el sensor era limitada después de 5 minutos. Esto sugiere que la dinámica del gas puede influir en la precisión de las mediciones, lo que resalta la importancia de optimizar el flujo de metano en futuras pruebas para obtener resultados más consistentes. Los datos obtenidos de los dos sensores muestran diferencias significativas en las mediciones de metano. El sensor 1, al estar expuesto al entorno y al animal, registró un rango de metano de 400 a 1400 ppm, capturando tanto las emisiones del animal como las del ambiente. Por otro lado, el sensor 2, diseñado para medir específicamente las emisiones de metano desde la nariz del animal a través de una manguera, registró valores en el rango de 20 a 330 ppm. Estas diferencias indican que el sensor 1 no solo captura las emisiones del animal, sino también aquellas del entorno, mientras que el sensor 2 proporciona una medición más precisa y enfocada en las emisiones directas del animal. Estos resultados resaltan la importancia de la ubicación y el diseño del sensor en la medición de gases de efecto invernadero, como el metano, en contextos específicos
Recomendaciones - Pasos a seguir Se realizarán adaptaciones ergonómicas para reducir el tamaño del prototipo y mejorar el ajuste a la cabeza del animal. Se diseñarán cabezales para proteger mejor las baterías y mangueras
Evidencias – anexos • **Avance del reporte técnico**: Ensamble y ajustes de sensores remotos para el monitoreo de las emisiones de CH4 entérico de bovinos en pastoreo.

Tabla 41. Documentos de investigación para diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras con enfoque étnico, etario y de género

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF (1.5.1. cargado presupuestalmente por directriz de lider CIAT
Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros

Reporte de diseño metodológico: Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género

Objetivo

General
Fortalecer las capacidades de organizaciones campesinas en el uso e implementación de TIC y habilidades en la gestión de riesgos agroclimáticos desde la perspectiva de género y metodologías participativas que propicien la creación de redes colaborativas en función de entornos agrícolas equitativos en términos de género y resilientes.

Justificación

Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos.

Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación con los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Metodología

Consiste en cuatro sesiones presenciales con temáticas articuladas en un sentido de proceso formativo y encaminado a la construcción de redes colaborativas en función de entornos agrícolas resilientes y equitativos. Estas sesiones sirven como módulos introductorios al programa global, por medio de metodologías participativas que permiten la interacción directa, el levantamiento de información en campo, la reflexión colectiva y la co-creación de conocimientos y estrategias encaminadas hacia soluciones técnicas aplicables frente a los retos climáticos actuales. Para el caso de estas sesiones introductorias utilizaremos de manera transversal la metodología de la cartografía social en articulación a metodologías textiles (costura) que permiten una interacción distinta entre las personas participantes además de la recolección de información desde un hacer que propicia la conversación. Las sesiones son:

Sesión 1: Reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género.

- Diagnóstico sobre conocimiento agroclimático y del uso de TICs desde el enfoque de género

Sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?

- Identificación de problemáticas de género en el territorio y cómo afectan el uso de las TIC

Sesión 3: Herramientas TIC y sus usos para territorios más equitativos

- Herramientas TIC con enfoque de género

Sesión 4: Creemos o fortalezcamos nuestras propias redes con mayor equidad

- Herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC

Resumen ejecutivo

Los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género, es un proceso formativo corto e introductorio que busca propiciar el fortalecimiento de las capacidades de organizaciones campesinas en el uso de Tecnologías de la Información y la comunicación como herramientas para afrontar los riesgos agroclimáticos desde la perspectiva de género y metodologías participativas que propicien la creación de redes colaborativas en función de entornos agrícolas equitativos en términos de género y resilientes frente al cambio climático.

Descripción

Esta actividad consistió en la organización y análisis del documento *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia, con el fin de sintetizar las temáticas más relevantes para la realización de una formación corta a desplegar entre octubre y noviembre de 2024. Se definió que esta formación llevaría el nombre de *Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género*. De este ejercicio se lograron identificar 4 temáticas centrales que permitieran un proceso formativo corto e introductorio:

- TIC y sus usos para la información agroclimática
- Problemáticas de generó presentes en cada territorio
- Algunas herramientas TIC de información agroclimática
- Construcción de redes para articulación frente a los retos agroclimáticos y de género

Con la intención de buscar una articulación pedagógica de las 4 temáticas seleccionadas, se utiliza la metodología de la cartografía social por medio del de un dispositivo particular: un mapa textil del municipio origen de las personas participantes. Para cada sesión se construyeron una serie de actividades participativas y colaborativas alrededor del mapa textil, para propiciar la recolección de una base diagnóstica, al tiempo que un ejercicio formativo corto sobre las relaciones entre los asuntos de género y los retos agroclimáticos actuales y situados a cada municipio y sistema productivo con el cual trabajar.

En este proceso se contactaron dos alianzas estratégicas para desplegar el proceso formativo: ACDI VOCA y PepsiCo, que contaban con vinculación con tres organizaciones o asociaciones productoras de papa y semilla de papa, y, Fedepanela, con quienes se buscó propiciar articulación en el marco del proyecto CAS, que también cuentan con relacionamiento cercano con una red de mujeres productoras de caña panelera. Se generaron alianzas para el desarrollo de las actividades en dos municipios con diferentes especificidades según la población a trabajar.

Conclusiones
Después de las reuniones de planificación con las alianzas estratégicas se definió: **Toca, Boyacá:** 1. Realización de sesiones de manera separada, con espacio de 10 a 15 días, otorgando las respectivas garantías de participación a las asociaciones participantes, seleccionando como primera fecha el 25 de octubre e ir concertando las demás fechas con las personas participantes. 2. La población serán personas integrantes de Aproagrotoca, Asoagrotoca y San semilla, procurando equilibrar la participación de mujeres y hombres. 3. Agrosavia asumió los asuntos logísticos de alimentación y transporte. 4. Otros asuntos logísticos **Villeta, Cundinamarca:** 5. Realizar las 4 sesiones en una formación intensiva de 2 días seguidos, otorgando las respectivas garantías de participación a las mujeres participantes, seleccionando como fecha el 18 y 19 de noviembre. 6. La población definida fueron mujeres pertenecientes a la rede de productoras de panela vinculadas a Fedepanela. 7. Agrosavia asumió los asuntos logísticos de alimentación y transporte. 8. Se definió garantizar los cuidados de las infancias a cargo de varias mujeres participantes por medio del pago de servicios de cuidado de una mujer cuidadora. 9. Compromiso de construcción de metodología apta para la participación de las infancias asistentes de la actividad. 10. Otros asuntos logísticos y de articulación institucional
Recomendaciones - Pasos a seguir
Desplegar la metodología diseñada en cada uno de los municipios.
Evidencias - Anexos
• Metodología adjunta. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género. • Registros audiovisuales (Enlace a Anexos)

Tabla 42. Documentos de investigación: Actividad 2. Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Componente
Transversal

Eje

8. Plan Social, Ambiental y de género

Actividad GCF (Asignado presupuestalmente al 1.5.1 por lider CIAT)

Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género

Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros

Reporte de ejecución de actividad Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género

Objetivo

General

Realizar un diagnóstico alrededor de los conocimientos entre la población participante alrededor del clima, sus efectos en la actividad productiva agropecuaria y la cotidianidad y el uso, acceso y control de herramientas tecnológicas para la comunicación y consulta de información agroclimática, evidenciando las desigualdades de género presentes en el territorio.

Específicos

- Identificar los conocimientos y percepciones de la población participante alrededor de aspectos agroclimáticos y su relación con el sistema productivo y su vida diaria, desde el enfoque de género.

- Identificar las fuentes de información (personas, entidades, programas, instituciones, etc.) y las TIC digitales o análogas u otro tipo de herramientas a la que acceden, utilizan y controlan de manera diferencial mujeres y hombres para comunicarse y para consultar información de interés para su sistema productivo y temas climáticos.

- Reconocer algunas de las desigualdades de género presentes en el territorio con relación al acceso a las TICs y la gestión de las transformaciones y riesgos agroclimáticos

Justificación

Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos.

Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación a los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.
Articulación con alianzas estratégicas

Metodología

La sesión 1: Reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género, que buscó realizar un diagnóstico sobre conocimiento agroclimático y del uso de TICs desde el enfoque de género, contó con 4 momentos para su desarrollo. El primero momento consistió en un ejercicio de *disposición corporal* y la *presentación dinámica* de las personas presentes en el espacio por medio de la escritura de palabras en una cartelera en resonancia con lo que otras personas escribían sobre sí mismas, sus gustos y orígenes. El segundo momento, llamado *Hagamos memoria*, se desplegó por medio de la intervención colectiva de una línea del tiempo para identificar eventos climáticos a nivel mundial y sus efectos particulares en el municipio, para luego analizar colectivamente uno de ellos desde la perspectiva de género. El tercer momento, llamado *Cartografiando nuestros recursos*, que propició la identificación de las diferentes fuentes de información agroclimática desagregadas entre *personales, comunitarias e institucionales* a lo largo del municipio de Toca, por medio de coser botones en el mapa textil, con la intención de propiciar reflexiones sobre los usos y desusos de dichas fuentes. Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión, decidir la fecha del siguiente taller, realizar un ejercicio corporal llamado “cardumen” y dejar la pregunta para la siguiente sesión a manera de reflexión, *¿Por qué es fundamental hablar sobre las problemáticas de género en el agro?*

Resumen ejecutivo

El 25 de octubre de 2024 se realizó la primera sesión de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género desarrollada en el restaurante Isla Morada del municipio de Toca, Boyacá tuvo una participación de 30 personas junto con 6 del equipo Agrosavia, tanto del Eje 8 como de Circo. En este encuentro se propició el reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género por parte de las personas participantes de tres asociaciones mixtas productoras de semillas de Toca y Ventaquemada del departamento de Boyacá: Aproagrotoca, Asoagrotoca y San semilla. Las actividades desplegadas se realizaron desde metodologías participativas, colaborativas y textiles, construidas desde el enfoque de género, que propiciaron diálogos y reflexiones profundas, así como el uso de métodos alternativos de recolección de la información diagnóstica.

Descripción
La actividad comenzó con la llegada del equipo del eje 8 de Agrosavia al Restaurante Isla Morada que organizó el espacio para disponerlo al Encuentro de manera circular, con una estación de café y aromática. En primer lugar, se realizó el registro de las personas que iban llegando al encuentro, lo cual tomó más tiempo del esperado por la cantidad de formatos a diligenciar entre los requerimientos internos de Agrosavia y del Proyecto CAS. A continuación, se comenzó por el primero momento con una meditación guiada para las participantes alrededor de la pregunta ¿Qué ha posibilitado que me encuentre hoy 25 de octubre en este restaurante de Toca, Boyacá para participar de este encuentro del proyecto CAS? Esto permitió la disposición corporal de las personas participantes, quienes se conectaron con el espacio. Como actividad siguiente, solicitamos hacer nuestras presentaciones de otra manera a la tradicional, por medio de la escritura de palabras en una cartelera con las cuales cada quien se identificara en resonancia con lo que otras personas escribían sobre sí mismas, sus gustos y orígenes. En un comienzo la actividad estuvo cargada de timidez, no obstante, poco a poco fue aumentando la participación de las personas presentes, animándose a escribir al mismo tiempo sus resonancias en la cartelera. Como resultado obtuvimos una cartelera llena de conexiones entre hobbies, pasiones, orígenes, afectos, que nos movilizaban a las personas presentes. Teniendo presente que el ejercicio anterior habilitó la construcción de confianza entre el equipo de Agrosavia y las personas invitadas, el segundo momento, llamado *Hagamos memoria*, fue mucho más dinámico. En éste realizamos la intervención colectiva de una línea del tiempo (impresa en plotter a color y con indicaciones visuales que facilitó el ejercicio) para identificar eventos climáticos a nivel mundial y sus efectos particulares en el municipio de Toca. Se dispusieron diferentes íconos en cartulina y a color relacionados con causas y efectos del cambio climático, el clima en general, eventos sociales y de salubridad, de procesos productivos y actividades agropecuarias, junto con colbón en barra y marcadores de colores para que las participantes tomaran, pegaran y escribieran en la parte superior de la línea del tiempo los eventos globales que consideraran relevantes y, debajo sus consecuencias en Toca. Este ejercicio permitió observar que las personas participantes se conectaron con la actividad, pues no sólo varias personas estaban usando los materiales sobre la línea del tiempo, sino que todas las personas estaban de pie discutiendo sobre eventos agroclimáticos que atravesaron al mundo y sus particularidades en Toca y Ventaquemada. Para recoger el ejercicio una de las personas del equipo Agrosavia realizó un recorrido rápido en plenaria de algunos eventos relevantes. Luego, nos concentramos colectivamente en analizar el caso de la pandemia del Sars-cov-19 en el año 2020 y sus consecuencias en Toca y Ventaquemada, concentrándonos en las afectaciones diferenciadas entre hombres y mujeres. De este ejercicio logramos evidenciar el aumento generalizado del trabajo por la imposibilidad del encuentro físico con otras personas, sin embargo, los trabajos de cuidado en relación a la salubridad fueron mayoritariamente asumidos por las mujeres, lo cual implicó un aumento desmedido de las cargas de trabajo que entre las experiencias de las mujeres presentes implicó una doble carga laboral, mientras que, en los hombres, hubo un aumento en el trabajo que es remunerado por la imposibilidad de contratación de jornaleras y jornaleros a causa del virus. De manera similar, identificamos colectivamente otra afectación diferenciada frente a los espacios de disfrute. Mientras los hombres continuaron con los espacios de disfrute como ir a una tienda a tomar algo y compartir con otros compañeros, las mujeres redujeron radicalmente sus espacios de encuentro y disfrute. Todo esto en función de los estereotipos de género, que asignan formas de comportarse determinadas para hombres y mujeres, donde las mujeres deben asumir un lugar recatado y reservado además de su vinculación con el cuidado de otras personas que se exacerbó con la pandemia. Luego de este momento, tuvimos un receso para consumir el refrigerio, espacio ene le cual las personas compartieron y conversaron.

El tercer momento, llamado *Cartografiando nuestros recursos*, que propició la identificación de las diferentes fuentes de información agroclimática desagregadas entre *personales, comunitarias e institucionales* a lo largo del municipio de Toca, por medio de coser botones en el mapa textil, con la intención de propiciar reflexiones sobre los usos y desusos de dichas fuentes. Se dispusieron dos mapas del municipio de Toca de 1,50 metros dividiendo a las personas participantes en dos grupos en donde conversaron sobre el uso de las fuentes de información, sus funciones y veracidad. Luego se pasó a definir cómo funcionan los flujos de información por medio de anudar lanas con el color del botón de la fuente de información hacia las fuentes de información que reciben dicha información.

Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión, decidir la fecha del siguiente taller, realizar un ejercicio corporal llamado "cardumen" y dejar la pregunta para la siguiente sesión a manera de reflexión, *¿Por qué es fundamental hablar sobre las problemáticas de género en el agro?*

A lo largo de la toda la sesión, la atención de las personas presentes tuvieron una participación activa propiciada por las metodologías participativas propuesta, además de la dinamización por medio de la conversación constante sobre las temáticas planteadas.

Conclusiones

El despliegue de la primera sesión de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género logró cumplir con los objetivos y la agenda propuesta de manera satisfactoria, en donde se resaltan las metodologías participativas y diálogos dinamizados.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Sistematización y análisis detallado de la información recogida en el diagnóstico.
Construcción de base de datos con las organizaciones participantes, posibles personas beneficiarias del proyecto CAS, priorizando a las mujeres que estuvieron en los encuentros.

Evidencias - Anexos

Registros fotográficos de las actividades realizadas en la sesión.

(EnlaceAnexos)

Tabla 43. Documentos de investigación: Actividad 3. Sesión 2. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF
Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte de ejecución de actividad Sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?
Objetivo
General Identificar las problemáticas de género presentes en el territorio y las maneras en las que afectan a las comunidades y poblaciones en relación la actividad productiva agropecuaria en función de la gestión de riesgos agroclimáticos desde los conocimientos de las personas participantes. *Específicos* Reconocer las afectaciones diferenciales desde el enfoque de género de las desigualdades sociales que atraviesan el territorio desde las intersecciones presentes Identificar el aumento en las dificultades de adaptación y construcción de estrategias frente a los riesgos agroclimáticos por las desigualdades de género
Justificación
Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos. Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación a los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Articulación con alianzas estratégicas.

Ejecución de la Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género

Metodología

La sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?, buscó identificar las problemáticas de género en el territorio y cómo afectan el uso de las TIC, para su desarrollo se plantearon 5 momentos. Un primer momento de un ejercicio de disposición corporal. Uno segundo llamado "Reconocernos diferentes", que buscaba propiciar diálogos desde la interseccionalidad, para comprender la complejidad de los lugares sociales que habitamos. Un tercer momento, ¿Qué desigualdades se presentan en nuestro territorio?, realizamos ejercicios en grupos para identificar las desigualdades de género que permitió el desplegar el momento anterior. Como cuarto momento, denominamos el "Manos a los mapas", para cartografiar en los mapas textiles las desigualdades sociales que existen en el territorio de Toca y cómo estas desigualdades afectan el unos de las TIC. Finalmente, un momento de cierre para recoger los aprendizajes de la sesión.

Resumen ejecutivo

El 7 de noviembre de 2024 se realizó la segunda sesión de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género desarrollada en el restaurante Isla Morada del municipio de Toca, Boyacá tuvo una participación de 9 personas invitadas, además de 3 del equipo Agrosavia, tanto del Eje 8 como de Circo. En este encuentro se propició la identificación de las problemáticas de género en el territorio y cómo afectan el uso de las TIC desde la perspectiva de género por parte de las personas participantes de tres asociaciones mixtas productoras de semillas de Toca y Ventaquemada del departamento de Boyacá: Aproagrotoca, Asoagrotoca y San semilla. Las actividades desplegadas se realizaron desde metodologías participativas, colaborativas y textiles, construidas desde el enfoque de género, que propiciaron diálogos y reflexiones profundas, así como el uso de métodos alternativos de recolección de la información diagnóstica.

Descripción

La actividad comenzó con la llegada del equipo del eje 8 de Agrosavia al Restaurante Isla Morada que organizó el espacio para disponerlo al Encuentro de manera circular, con una estación de café y aromática. En primer lugar, se realizó el registro de las personas que iban llegando al encuentro, que realizamos de manera ágil teniendo presente el aprendizaje de la primera sesión. A continuación, se comenzó por el primero momento con un ejercicio corporal de reconocimiento del propio cuerpo para la disposición al espacio, nos reímos y reflexionamos sobre las posibilidades del cuerpo cuando tiene actividades y condiciones distintas. Pasamos al segundo momento llamado

"Reconocernos diferentes", en el cual realizamos dos ejercicios corporales colectivos que normalmente se conocen como la carrera de los privilegios y otro que me inventé y llamo acuerpar el centro, que nos posibilitaron reflexionar colectivamente sobre las condiciones diferenciadas que tenemos en nuestras experiencias de vida que están directamente relacionadas con las desigualdades estructurales de nuestras sociedades y contextos específicos. Esto propició un diálogo desde el reconocimiento de que somos diferentes y que reconocer esas diferencias nos permite evidenciar que todas las personas tienen condiciones de vida distintas y que, si bien tenemos agencia en nuestras propias vidas para transformarlas, hay unas condiciones de la organización social que amplía o reduce nuestro margen de acción. Comprender esto en nuestra vida cotidiana, revisamos el material audiovisual del *Simulador del trabajo doméstico y de cuidado no remunerado para el hogar y la comunidad* del DANE, que nos permitió ubicar cómo las desigualdades sociales tienen impacto en el desarrollo económico del país. En este ejercicio una reflexión interesante que surgió fue que las cargas de trabajos de cuidado no remunerados realizadas por las mujeres participantes excedía en el doble o más la cantidad de horas semanales invertidas en este trabajo sobre el promedio nacional. De manera similar, dos de los hombres participantes superaban el promedio nacional, lo que nos permitió realizar reflexiones sobre las particularidades de los hombres en el mundo rural y agropecuario en relación de a los trabajos de cuidado.

Para el tercer momento, *¿Qué desigualdades se presentan en nuestro territorio?*, realizamos ejercicios en grupos para identificar las desigualdades de género que permitió el desplegar el momento anterior, identificamos: 1) desigualdad en la distribución de los trabajos de cuidado no remunerados, 2) Pago inequitativo de las actividades del campo y 3) Desprotección de las infancias y adolescencias por exceso de carga laboral, tanto remunerada como no remunerada. En este punto cabe resaltar, el tercer punto, pues se identificó cómo un problema de género la consecuencia de las sobre cargas laborales remuneradas y no remuneradas de manera diferenciada entre hombre y mujeres por los estereotipos de género.

Como cuarto momento, denominamos el "Manos a los mapas", donde cartografiamos en los mapas textiles las desigualdades sociales identificadas que existen en el territorio de Toca y cómo estas desigualdades afectan el uso de las TIC. Esto lo hicimos por medio de 3 figuras en paño lency (triángulo, medio círculo y cuadrado) que cosimos a los mapas, mientras tanto la conversación sobre las de igualdades de género se fue profundizando. Finalmente, un momento de cierre para recoger los aprendizajes de la sesión. A continuación, cada grupo realizó la presentación de sus resultados. Para recoger, reflexionamos sobre cómo estas desigualdades sociales limitan el acceso a las fuentes de información agroclimática desde las TIC.

Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión, decidir la fecha del siguiente taller y realizar un ejercicio corporal de cierre.

A lo largo de la toda la sesión, la atención de las personas presentes tuvieron una participación activa propiciada por las metodologías participativas propuesta, además de la dinamización por medio de la conversación constante sobre las temáticas planteadas.

Conclusiones

El despliegue de la segunda sesión de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género logró cumplir con los objetivos y la agenda propuesta de manera satisfactoria, en donde se resaltan las metodologías participativas y diálogos dinamizados. Se recogió información relevante sobre cómo las desigualdades sociales afectan el uso de las TIC para acceder a la información agroclimática desde fuentes digitales.

Recomendaciones - Pasos a seguir
• Sistematización y análisis detallado de la información recogida en el diagnóstico. • Revisión de la metodología de las últimas dos sesiones de la formación.
Evidencias - Anexos
• Registros fotográficos de las actividades realizadas en la sesión. (Enlace Anexos)

Tabla 44. Documentos de investigación Actividad 4. Acompañamiento 1ra Feria Nacional de Papa.

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF
Actividad 1.1 Estrategia integral de difusión de información para el manejo del riesgo agroclimático, teniendo en cuenta diferencias étnicas y de género, mediante distintos canales de comunicación.
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte de acompañamiento de la Primera Feria Nacional de Papa en Villapinzón, Cundinamarca
Objetivo
Acompañar el puesto de Agrosavia en la Primera Feria Nacional de Papa en Villapinzón, Cundinamarca desde el eje 8 del Proyecto CAS para la identificación de posibles organizaciones y mujeres campesinas beneficiarias del proyecto CAS y visibilización del protocolo de atención en violencias basadas en género de Agrosavia.
Justificación
Despliegue de actividades del Plan de acción de género proyecto CAS, que tienen como propósito contribuir al cierre de brechas de género en las cadenas productivas priorizadas y promover el acceso equitativo a las estrategias, planes, programas, servicios, bienes y actividades del Proyecto CAS.
Antecedentes
Presentación del proyecto CAS en diferentes espacios institucionales y gremiales.

Metodología
Actividades de acompañamiento: • Montaje del pendón del protocolo de atención de violencias basadas en género de Agrosavia. • Identificación de organizaciones con alta participación de mujeres en el sector de la papa. • Explicación del eje 8 del proyecto CAS para posibles personas beneficiarias.
Resumen ejecutivo
El 9 y 10 de noviembre de 2024 se realizó el acompañamiento de la Primera Feria Nacional de Papa en Villapinzón, Cundinamarca, desde el eje 8 de Agrosavia, para buscar la identificación de posibles organizaciones y mujeres campesinas beneficiarias del proyecto CAS y visibilización del protocolo de atención en violencias basadas en género de Agrosavia.
Descripción
Actividades de acompañamiento: • Montaje del pendón del protocolo de atención de violencias basadas en género de Agrosavia. • Identificación de organizaciones con alta participación de mujeres en el sector de la papa. • Explicación del eje 8 del proyecto CAS para posibles personas beneficiarias.
Conclusiones
Varias organizaciones de mujeres del sector de la papa se dedican a la producción de productos que transforman la materia prima de la papa, como labiales de almidón de yuca, tortas, chips de papa, entre otros.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Revisar la posibilidad de hacer seguimiento a las organizaciones de mujeres paperas identificadas.
Evidencias - Anexos
• Registros fotográficos (Enlace a Anexos)

Table 1 Documentos de investigación: Actividad 5. Sesiones 1, 2, 3 y 4. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género

Actividad GCF

Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género

Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros

Reporte de ejecución de actividad Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género. (4 sesiones) Villeta Cundinamarca.

Objetivo

General
Fortalecer las capacidades de organizaciones campesinas en el uso e implementación de TIC y habilidades en la gestión de riesgos agroclimáticos desde la perspectiva de género y metodologías participativas que propicien la creación de redes colaborativas en función de entornos agrícolas equitativos en términos de género y resilientes.

Específicos

Realizar un diagnóstico alrededor de los conocimientos entre la población participante alrededor del clima, sus efectos en la actividad productiva agropecuaria y la cotidianidad y el uso, acceso y control de herramientas tecnológicas para la comunicación y consulta de información agroclimática, evidenciando las desigualdades de género presentes en el territorio.
Identificar las problemáticas de género presentes en el territorio y las maneras en las que afectan a las comunidades y poblaciones en relación la actividad productiva agropecuaria en función de la gestión de riesgos agroclimáticos desde los conocimientos de las personas participantes.
Propiciar un espacio práctico de reconocimiento de herramientas TIC más recurrentes para la gestión de asuntos agroclimáticos que aporten al desarrollo y fortalecimiento de capacidades de la población participante, partiendo de la visibilización de las brechas digitales urbano-rural y de género.
Propiciar la identificación y uso de herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, desde los sectores productivos priorizados

Justificación

Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos.

Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación a los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres

en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Articulación con alianzas estratégicas

Ejecución de la Sesión 1 y 2 Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género en Toca, Boyacá.

Metodología

Consiste en cuatro sesiones presenciales con temáticas articuladas en un sentido de proceso formativo y encaminado a la construcción de redes colaborativas en función de entornos agrícolas resilientes y equitativos. Estas sesiones sirven como módulos introductorios al programa global, por medio de metodologías participativas que permiten la interacción directa, el levantamiento de información en campo, la reflexión colectiva y la co-creación de conocimientos y estrategias encaminadas hacia soluciones técnicas aplicables frente a los retos climáticos actuales. Para el caso de estas sesiones introductorias utilizaremos de manera transversal la metodología de la cartografía social en articulación a metodologías textiles (costura) que permiten una interacción distinta entre las personas participantes además de la recolección de información desde un hacer que propicia la conversación. Las sesiones son:

Sesión 1: Reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género.

Buscó realizar un diagnóstico sobre conocimiento agroclimático y del uso de TICs desde el enfoque de género, contó con 4 momentos para su desarrollo. El primero momento consistió en un ejercicio de *disposición corporal* y la *presentación dinámica* de las personas presentes en el espacio por medio de la escritura de palabras en una cartelera en resonancia con lo que otras personas escribían sobre sí mismas, sus gustos y orígenes. El segundo momento, llamado *Hagamos memoria*, se desplegó por medio de la intervención colectiva de una línea del tiempo para identificar eventos climáticos a nivel mundial y sus efectos particulares en el municipio, para luego analizar colectivamente uno de ellos desde la perspectiva de género. El tercer momento, llamado *Cartografiando nuestros recursos*, que propició la identificación de las diferentes fuentes de información agroclimática desagregadas entre *personales, comunitarias e institucionales* a lo largo del municipio de Toca, por medio de coser botones en el mapa textil, con la intención de propiciar reflexiones sobre los usos y desusos de dichas fuentes. Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión, decidir la fecha del siguiente taller, realizar un ejercicio corporal llamado “cardumen” y dejar la pregunta para la siguiente sesión a manera de reflexión, *¿Por qué es fundamental hablar sobre las problemáticas de género en el agro?*

Sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?

Buscó identificar las problemáticas de género en el territorio y cómo afectan el uso de las TIC, para su desarrollo se plantearon 5 momentos. Un primer momento de un ejercicio de disposición corporal. Uno segundo llamado "Reconocernos diferentes", que buscaba propiciar diálogos desde la interseccionalidad, para comprender la complejidad de los lugares sociales que habitamos. Un tercer momento, ¿Qué desigualdades se presentan en nuestro territorio?, realizamos ejercicios en grupos para identificar las desigualdades de género que permitió el desplegar el momento anterior. Como cuarto momento, denominamos el "Manos a los mapas", para cartografiar en los mapas textiles las desigualdades sociales que existen en el territorio de Toca y cómo estas desigualdades afectan el unos de las TIC. Finalmente, un momento de cierre para recoger los aprendizajes de la sesión.

Sesión 3: Herramientas TIC y sus usos para territorios más equitativos y Sesión 4: Creemos o fortalezcamos nuestras propias redes con mayor equidad

Las sesiones 3 y 4 se articularon en una sola sesión, para presentar algunas herramientas TIC con enfoque de género y de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, para su desarrollo se plantearon 5 momentos. Un primer momento de un ejercicio de disposición corporal. Un segundo momento de identificación de las fuentes de información agroclimática usadas en la vida cotidiana. En tercer lugar, una presentación de diferentes plataformas de información agroclimática digitales. Un cuarto momento de revisión de casos de problemáticas agroclimáticas y de género y posibles soluciones con los usos de dichas plataformas. Como quinto momento de definición de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación.

Resumen ejecutivo

Entre el 18 y 19 de noviembre de 2024 se realizaron los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género desarrollada en el Hotel Mediterráneo en Villeta Cundinamarca tuvo una participación de 24 mujeres, un hombres y 4 infancias, junto con 3 del equipo Agrosavia, tanto del Eje 8 como de Circo. En este encuentro se propició el reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género por parte de las personas invitadas de provenientes de Villeta, Utica, Sasaima, Guayabal de Síquima, Nocaima y La Vega. Las actividades desplegadas se realizaron desde metodologías participativas, colaborativas y textiles, construidas desde el enfoque de género, que propiciaron diálogos y reflexiones profundas, así como el uso de métodos alternativos de recolección de la información diagnóstica.

Descripción

Sesión 1: Reconociendo las TIC como herramientas agroclimáticas en nuestro territorio desde la perspectiva de género. (Lunes 18.11.24)

La actividad comenzó con la llegada del equipo del eje 8 de Agrosavia al Restaurante Isla Morada que organizó el espacio para disponerlo al Encuentro de manera circular, con una estación de café y aromática. En primer lugar, se realizó el registro de las personas que iban llegando al primer encuentro. A continuación, se comenzó por el primero momento con una meditación guiada para las participantes alrededor de la pregunta *¿Qué ha posibilitado que me encuentre hoy 18 de noviembre en este hotel de*

Villeta, Cundinamarca para participar de este encuentro del proyecto CAS? Esto permitió la disposición corporal de las personas participantes, quienes se conectaron con el espacio. Como actividad siguiente, solicitamos hacer nuestras presentaciones de otra manera a la tradicional, por medio de la escritura de palabras en una cartelera con las cuales cada quien se identificara en resonancia con lo que otras personas escribían sobre sí mismas, sus gustos y orígenes. En un comienzo la actividad estuvo cargada de timidez, no obstante, poco a poco fue aumentando la participación de las personas presentes, animándose a escribir al mismo tiempo sus resonancias en la cartelera. Como resultado obtuvimos una cartelera llena de conexiones entre hobbies, pasiones, orígenes, afectos, que nos movilizaban a las personas presentes.

Teniendo presente que el ejercicio anterior habilitó la construcción de confianza entre el equipo de Agrosavia y las personas invitadas, el segundo momento, llamado *Hagamos memoria*, fue mucho más dinámico. En éste realizamos la intervención colectiva de una línea del tiempo (impresa en plotter a color y con indicaciones visuales que facilitó el ejercicio) para identificar eventos climáticos a nivel mundial y sus efectos particulares en los municipios de Villeta, Utica, Sasaima, Guayabal de Síquima, Nocaima y La Vega. Se dispusieron diferentes íconos en cartulina y a color relacionados con causas y efectos del cambio climático, el clima en general, eventos sociales y de salubridad, de procesos productivos y actividades agropecuarias, junto con colbón en barra y marcadores de colores para que las participantes tomaran, pegaran y escribieran en la parte superior de la línea del tiempo los eventos globales que consideraran relevantes y, debajo sus consecuencias en los municipios de origen. Este ejercicio permitió observar que las personas participantes se conectaron con la actividad, pues no sólo varias personas estaban usando los materiales sobre la línea del tiempo, sino que todas las personas estaban de pie discutiendo sobre eventos agroclimáticos que atravesaron al mundo y sus particularidades de cada municipio. Para recoger el ejercicio una de las personas del equipo Agrosavia realizó un recorrido rápido en plenaria de algunos eventos relevantes. Luego, nos concentramos colectivamente en analizar el caso de la pandemia del Sars-cov-19 en el año 2020 y sus consecuencias en Villeta, Utica, Sasaima, Guayabal de Síquima, Nocaima y La Vega, concentrándonos en las afectaciones diferenciadas entre hombres y mujeres. De este ejercicio logramos evidenciar el aumento generalizado del trabajo por la imposibilidad del encuentro físico con otras personas, sin embargo, los trabajos de cuidado en relación a la salubridad fueron mayoritariamente asumidos por las mujeres, lo cual implicó un aumento desmedido de las cargas de trabajo que entre las experiencias de las mujeres presentes implicó una doble carga laboral, mientras que, en los hombres, hubo un aumento en el trabajo que es remunerado por la imposibilidad de contratación de jornaleras y jornaleros a causa del virus.

Luego de este momento, tuvimos un receso para consumir el refrigerio, espacio ene le cual las personas compartieron y conversaron.

El tercer momento, llamado *Cartografiando nuestros recursos*, que propició la identificación de las diferentes fuentes de información agroclimática desagregadas entre *personales, comunitarias e institucionales* a lo largo del municipio de Toca, por medio de coser botones en el mapa textil, con la intención de propiciar reflexiones sobre los usos y desusos de dichas fuentes. Se dispusieron los mapas de cada uno de los municipios, dividiendo a las personas participantes en grupos en donde conversaron sobre el uso de las fuentes de información, sus funciones y veracidad. Luego se pasó a definir cómo funcionan los flujos de información por medio de anudar lanas con el color del botón de la fuente de información hacia las fuentes de información que reciben dicha información.

Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión por medio de la participación de las infancias presentando el reconocimiento de sus respectivos municipios y veredas por medio de un dibujo del mapa y las personas con las cuales convivían. Pasamos al almuerzo.

Sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo? (Lunes 18.11.24)

En primer lugar, realizamos un ejercicio corporal de reconocimiento del propio cuerpo para la disposición al espacio, nos reímos y reflexionamos sobre las posibilidades del cuerpo cuando tiene actividades y condiciones distintas. Pasamos al segundo momento llamado "Reconocernos diferentes", en el cual realizamos dos ejercicios corporales colectivos que normalmente se conocen como la carrera de los privilegios y otro que me inventé y llamo acuerpar el centro, que nos posibilitaron reflexionar colectivamente sobre las condiciones diferenciadas que tenemos en nuestras experiencias de vida que están directamente relacionadas con las desigualdades estructurales de nuestras sociedades y contextos específicos. Esto propició un diálogo desde el reconocimiento de que somos diferentes y que reconocer esas diferencias nos permite evidenciar que todas las personas tienen condiciones de vida distintas y que, si bien tenemos agencia en nuestras propias vidas para transformarlas, hay unas condiciones de la organización social que amplía o reduce nuestro margen de acción. A continuación, hablamos de los trabajos de cuidado no remunerados, para identificar las desigualdades alrededor de los trabajos de cuidado.

Luego de esto, realizamos un trabajo en grupos de conversación sobre los problemas de generó que identificaban en sus municipios. A partir de esta identificación, se les pidió a los grupos construir un caso problemático con alguno de esos problemas de generó, que luego se entregó a otro grupo. Cada grupo revisó su caso y construyó una presentación no verbal-teatral de análisis del caso o de construcción de posibles soluciones al caso. Cada grupo presentó su caso.

Finalmente, el momento de cierre consistió en recoger los aprendizajes de la sesión.

Sesión 3: Herramientas TIC y sus usos para territorios más equitativos y Sesión 4: Creemos o fortalezcamos nuestras propias redes con mayor equidad (Martes 19.11.24)

Comenzamos realizando un ejercicio de recordar colectivamente las actividades realizadas en el día anterior, reconociendo los aprendizajes colectivos. A continuación, se comenzó por el primer momento con un ejercicio corporal de reconocimiento del propio cuerpo para la disposición al espacio. Pasamos a escuchar el trabajo realizado por las infancias, que resaltaron la sobre carga de trabajo con los trabajos no remunerados realizados por sus madres cuidadoras.

Pasamos a retomar el punto de l sesión anterior: *¿Qué desigualdades se presentan en nuestro territorio?* Realizamos el ejercicio colectivo de identificar 3 de las desigualdades de género trabajadas el día anterior, identificamos: 1) desigualdad en la distribución de los trabajos de cuidado no remunerados, 2) Pago inequitativo de las actividades del campo y 3) Feminicidio. Cabe resaltar que hubo una conversación interesante alrededor del feminicidio y sus causas.

En un siguiente momento, pasamos a "Manos a los mapas", donde cartografiamos en los mapas textiles las desigualdades sociales identificadas que existen en cada municipio y cómo estas desigualdades afectan el uso de las TIC. Esto lo hicimos por medio de 3 figuras en paño lency (triángulo, medio círculo y cuadrado) que cosimos a los mapas, mientras tanto la conversación sobre las de igualdades de género

se fue profundizando. A continuación, cada grupo realizó la presentación de sus resultados. Para recoger, reflexionamos sobre cómo estas desigualdades sociales limitan el acceso a las fuentes de información agroclimática desde las TIC.

Hacia el final de la sesión, hablamos sobre la construcción de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. En la conversación, se llegaron a las siguientes definiciones:

Nombre de la red: REMUR Cundi

Compromisos de cuidado colectivo:
No cadenas políticas, religiosas
No ventas fuera de lo panelero
Todo el mundo puede escribir

Mediadoras en situaciones de conflicto:
Idaly Ortiz
Marisol Bautista
Ligia Castiblanco

¿Para qué sirve la red?
Uso exclusivo de información: agroclimática y de prevención y atención y ayuda colectiva entre mujeres

Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación y espacio de co-creación de conocimientos.

Conclusiones

El despliegue este último espacio de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género logró cumplir con los objetivos y la agenda propuesta de manera satisfactoria, en donde se resaltan las metodologías participativas y diálogos dinamizados.

Propósitos Alcanzados

El evento logró integrar componentes clave para fortalecer las capacidades locales en el agro, destacando:

1. Capacitación Técnica en TIC: Las personas participantes adquirieron habilidades prácticas para manejar herramientas tecnológicas en el agro, como plataformas de monitoreo agroclimático, reduciendo brechas digitales de género y promoviendo el acceso equitativo a la información.

2. Identificación de Problemáticas de Género: A través de dinámicas colaborativas, se visibilizaron desigualdades y problemáticas específicas de género en los territorios, impulsando el compromiso para desarrollar soluciones inclusivas.

3. Creación de Redes Colaborativas: Una de las principales conclusiones del evento fue la creación de la REMUR Cundi, un espacio colaborativo que conectará a las asociaciones participantes para promover entornos agrícolas equitativos y resilientes.

Principales Resultados

1. Fortalecimiento de Capacidades Locales: Las personas asistentes demostraron un incremento significativo en sus habilidades para manejar herramientas TIC aplicadas al agro, reduciendo brechas de conocimiento.

2. Consolidación de una Visión de Equidad: Las reflexiones sobre género permitieron sensibilizar a las comunidades sobre la importancia de un enfoque inclusivo en la toma de decisiones y la gestión territorial.

3. La Red REMUR Cundi: La creación de esta red colaborativa constituye un paso importante hacia la sostenibilidad y equidad en los territorios de Villeta, Utica, Sasaima, Guayabal de Síquima, Nocaima y La Vega, fomentando alianzas estratégicas entre las comunidades campesinas.

Reflexión Final

Los encuentros en Toca representaron un avance significativo hacia la integración de las TIC y el enfoque de género en las prácticas agropecuarias de la región. Este espacio de aprendizaje y colaboración no solo fortaleció las capacidades técnicas de las personas participantes, sino que también promovió un cambio cultural hacia la equidad y la resiliencia comunitaria. La Red REMUR Cundi emerge como un logro clave, con el potencial de ampliar el impacto del evento y sostener las iniciativas desarrolladas.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Recomendaciones para el Futuro

Seguimiento a la Red REMUR Cundi: Acompañar el desarrollo de la red para garantizar su operatividad y sostenibilidad.

Replicabilidad Regional: Extender estos encuentros a otras regiones con necesidades similares para maximizar su impacto.

Monitoreo del Impacto: Implementar mecanismos para evaluar cómo las herramientas TIC y las estrategias desarrolladas benefician a las comunidades a largo plazo.

Evidencias - Anexos

Registros fotográficos de las actividades realizadas en el evento (Enlace Anexos)

Tabla 45 .Documentos de investigación: Actividad 6. Sesión 3 y 4. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF
Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte de ejecución de actividad Sesión 3: Herramientas TIC con enfoque de género y Sesión 4: Herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC
Obj
Generales Propiciar un espacio práctico de reconocimiento de herramientas TIC más recurrentes para la gestión de asuntos agroclimáticos que aporten al desarrollo y fortalecimiento de capacidades de la población participante, partiendo de la visibilización de las brechas digitales urbano-rural y de género. Propiciar la identificación y uso de herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, desde los sectores productivos priorizados. *Específicos* • Presentar las herramientas TIC básicas para la alfabetización informacional evidenciando las brechas digitales urbano-rural y de género. • Realizar ejercicios prácticos de las plataformas de comunicación y gestión agroclimática, propiciando reflexiones sobre la construcción de escenarios equitativos. • Identificar el aumento en las dificultades de adaptación y construcción de estrategias frente a los riesgos agroclimáticos por las desigualdades de género • Propiciar la construcción de una red de articulación entre las personas participantes para compartir información agroclimática y de asuntos de género relevantes para el territorio
Justificación

Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos.

Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación a los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Articulación con alianzas estratégicas.

Ejecución de la Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género y la sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?

Metodología

Las sesiones 3 *Herramientas TIC y sus usos para territorios más equitativos* y 4: *Creemos o fortalezcamos nuestras propias redes con mayor equidad,* se articularon en una sola sesión, para presentar algunas herramientas TIC con enfoque de género y de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, para su desarrollo se plantearon 5 momentos. Un primer momento de un ejercicio de disposición corporal. Un segundo momento de identificación de las fuentes de información agroclimática usadas en la vida cotidiana. En tercer lugar, una presentación de diferentes plataformas de información agroclimática digitales. Un cuarto momento de revisión de casos de problemáticas agroclimáticas y de género y posibles soluciones con los usos de dichas plataformas. Como quinto momento de definición de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación.

Resumen ejecutivo

El 27 de noviembre de 2024 se realizó la última sesión de Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género que condensó 2 sesiones en una por solicitud de las asociaciones invitadas, fue desarrollada

en el restaurante Isla Morada del municipio de Toca, Boyacá tuvo una participación de 9 personas invitadas, además de 3 del equipo Agrosavia, tanto del Eje 8 como de Circo. En este encuentro se propició el reconocimiento de herramientas TIC con enfoque de género y de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, para las personas participantes de tres asociaciones mixtas productoras de semillas de Toca y Ventaquemada del departamento de Boyacá: Aproagrotoca, Asoagrotoca y San semilla. Las actividades desplegadas se realizaron desde metodologías participativas, colaborativas y textiles, construidas desde el enfoque de género, que propiciaron diálogos y reflexiones profundas, así como el uso de métodos alternativos de recolección de la información.

Descripción

La actividad comenzó con la llegada del equipo del eje 8 de Agrosavia al Restaurante Isla Morada que organizó el espacio para disponerlo al Encuentro de manera circular, con una estación de café y aromática. En primer lugar, se realizó el registro de las personas que iban llegando al encuentro. A continuación, se comenzó por el primer momento con un ejercicio corporal de reconocimiento del propio cuerpo para la disposición al espacial. Como segundo momento, realizamos la identificación de las fuentes de información agroclimática usadas en la vida cotidiana revisando la información consignada o mejor, cosida en los mapas textiles, reconociendo que no se hace uso de todas las fuentes de información.

En tercer lugar, realizamos la presentación de diferentes plataformas de información agroclimática digitales: Plataforma siembra, Linkata, BAC, Agroclima, Ideam, Sistema experto MAPA, Sistema de información agroclimática para Papa, Canal Clima. Esto se realizó por medio de la proyección de material audiovisual pedagógico de cada plataforma, junto con la exploración colectiva de las principales herramientas.

Un cuarto momento de revisión de 4 casos de problemáticas agroclimáticas y de género y posibles soluciones con los usos de dichas plataformas: Caso 1: "Las papas y las lluvias impredecibles", Caso 2: "El calor y los insectos no benéficos avanzan", Caso 3: Fuentes de información distinta, Caso 4: Cultivos de papa y los gases de efecto invernadero. Cada grupo realizó una presentación por medio de una cartelera en la cual analizaron el caso y propusieron posibles soluciones o formas de trabajar la problemática. En este punto se evidenció el aprendizaje frente a los asuntos de género y problemas agroclimáticos de una manera clara.

Como quinto momento de definición de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. En la conversación, se llegaron a las siguientes definiciones:

Nombre de la red: Red Tocaventa

Compromisos de cuidado colectivo:
Todo el mundo puede escribir
Respeto y trabajo en equipo

Mediadoras en situaciones de conflicto:
Todo el grupo, no necesitamos moderación.

¿Para qué sirve la red?
Uso exclusivo de información: agroclimática y de prevención y atención y ayuda colectiva entre mujeres

Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación y espacio de co-creación de conocimientos.

Conclusiones

El despliegue este último espacio de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género logró cumplir con los objetivos y la agenda propuesta de manera satisfactoria, en donde se resaltan las metodologías participativas y diálogos dinamizados.

Propósitos Alcanzados

El evento logró integrar componentes clave para fortalecer las capacidades locales en el agro, destacando:

4. Capacitación Técnica en TIC: Las personas participantes adquirieron habilidades prácticas para manejar herramientas tecnológicas en el agro, como plataformas de monitoreo agroclimático, reduciendo brechas digitales de género y promoviendo el acceso equitativo a la información.

5. Identificación de Problemáticas de Género: A través de dinámicas colaborativas, se visibilizaron desigualdades y problemáticas específicas de género en los territorios, impulsando el compromiso para desarrollar soluciones inclusivas.

6. Creación de Redes Colaborativas: Una de las principales conclusiones del evento fue la creación de la Red TocaVenta, un espacio colaborativo que conectará a las asociaciones participantes para promover entornos agrícolas equitativos y resilientes.

Principales Resultados

4. Fortalecimiento de Capacidades Locales: Las personas asistentes demostraron un incremento significativo en sus habilidades para manejar herramientas TIC aplicadas al agro, reduciendo brechas de conocimiento.

5. Consolidación de una Visión de Equidad: Las reflexiones sobre género permitieron sensibilizar a las comunidades sobre la importancia de un enfoque inclusivo en la toma de decisiones y la gestión territorial.

6. Red TocaVenta: La creación de esta red colaborativa constituye un paso importante hacia la sostenibilidad y equidad en los territorios de Toca y Ventaquemada, fomentando alianzas estratégicas entre las comunidades campesinas.

Reflexión Final

Los encuentros en Toca representaron un avance significativo hacia la integración de las TIC y el enfoque de género en las prácticas agropecuarias de la región. Este espacio de aprendizaje y colaboración no solo fortaleció las capacidades técnicas de las personas participantes, sino que también promovió un cambio cultural hacia la equidad y la resiliencia comunitaria. La Red TocaVenta emerge como un logro clave, con el potencial de ampliar el impacto del evento y sostener las iniciativas desarrolladas.

Recomendaciones - Pasos a seguir
Recomendaciones para el Futuro • Seguimiento a la Red TocaVenta: Acompañar el desarrollo de la red para garantizar su operatividad y sostenibilidad. • Replicabilidad Regional: Extender estos encuentros a otras regiones con necesidades similares para maximizar su impacto. • Monitoreo del Impacto: Implementar mecanismos para evaluar cómo las herramientas TIC y las estrategias desarrolladas benefician a las comunidades a largo plazo.
Evidencias - Anexos
• Registros fotográficos de las actividades realizadas en la sesión. (Enlace Anexos)

Table 2 Documentos de investigación Actividad 6. Sesión 3 y 4. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF
Actividad 1.1.4. Diseñar e implementar acciones para la formación de hombres y mujeres productoras en Alfabetización Informacional con enfoque étnico, etario y de género
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte de ejecución de actividad Sesión 3: Herramientas TIC con enfoque de género y Sesión 4: Herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC
Objetivo
Generales

Propiciar un espacio práctico de reconocimiento de herramientas TIC más recurrentes para la gestión de asuntos agroclimáticos que aporten al desarrollo y fortalecimiento de capacidades de la población participante, partiendo de la visibilización de las brechas digitales urbano-rural y de género.

Propiciar la identificación y uso de herramientas de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, desde los sectores productivos priorizados.

Específicos

- Presentar las herramientas TIC básicas para la alfabetización informacional evidenciando las brechas digitales urbano-rural y de género.
- Realizar ejercicios prácticos de las plataformas de comunicación y gestión agroclimática, propiciando reflexiones sobre la construcción de escenarios equitativos.
- Identificar el aumento en las dificultades de adaptación y construcción de estrategias frente a los riesgos agroclimáticos por las desigualdades de género
- Propiciar la construcción de una red de articulación entre las personas participantes para compartir información agroclimática y de asuntos de género relevantes para el territorio

Justificación

Históricamente, las mujeres rurales han tenido que superar diversas dificultades para acceder y utilizar la tecnología, lo cual ha restringido su participación en los procesos productivos y ha obstaculizado su capacidad para innovar e implementar nuevas técnicas agrícolas, específicamente en relación al cambio climático. En esta línea, la articulación entre las problemáticas de género, los usos de las TIC en el agro y la construcción de estrategias frente al cambio climático implica una aproximación situada a los territorios y organizaciones campesinas de los diferentes sistemas productivos, en razón de su fortalecimiento, para que el levantamiento de información posibilite procesos formativos sólidos.

Esta actividad se justifica en la necesidad de fortalecer a las mujeres rurales mediante el desarrollo de habilidades de formación en tecnologías que les permitan acceder a información y mejorar su esquema de toma de decisiones en relación a los retos climáticos que vivencian actualmente. Al fortalecer las capacidades digitales de las mujeres en el sector agropecuario, se promueve no solo su autonomía económica, su liderazgo en sus comunidades, sino también el desarrollo sostenible y la resiliencia de las economías rurales.

En este sentido, se evidencia la necesidad de generar encuentros que propicien reflexiones alrededor de estas tres temáticas (TIC, asuntos de género e información agroclimática) y sus vinculaciones, que permitan co-construcción de conocimiento, al tiempo que la sensibilización frente a temáticas de género.

Antecedentes

Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia.

Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género.

Articulación con alianzas estratégicas.

Ejecución de la Sesión 1. Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género y la sesión 2: ¿Por qué las problemáticas de género nos afectan en colectivo?

Metodología

Las sesiones 3 *Herramientas TIC y sus usos para territorios más equitativos* y 4: *Creemos o fortalezcamos nuestras propias redes con mayor equidad,* se articularon en una sola sesión, para presentar algunas herramientas TIC con enfoque de género y de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, para su desarrollo se plantearon 5 momentos. Un primer momento de un ejercicio de disposición corporal. Un segundo momento de identificación de las fuentes de información agroclimática usadas en la vida cotidiana. En tercer lugar, una presentación de diferentes plataformas de información agroclimática digitales. Un cuarto momento de revisión de casos de problemáticas agroclimáticas y de género y posibles soluciones con los usos de dichas plataformas. Como quinto momento de definición de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación.

Resumen ejecutivo

El 27 de noviembre de 2024 se realizó la última sesión de Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género que condensó 2 sesiones en una por solicitud de las asociaciones invitadas, fue desarrollada en el restaurante Isla Morada del municipio de Toca, Boyacá tuvo una participación de 9 personas invitadas, además de 3 del equipo Agrosavia, tanto del Eje 8 como de Circo. En este encuentro se propició el reconocimiento de herramientas TIC con enfoque de género y de creación y fortalecimiento de redes propias para propiciar entornos agrícolas equitativos y resilientes desde las TIC, para las personas participantes de tres asociaciones mixtas productoras de semillas de Toca y Ventaquemada del departamento de Boyacá: Aproagrotoca, Asoagrotoca y San semilla. Las actividades desplegadas se realizaron desde metodologías participativas, colaborativas y textiles, construidas desde el enfoque de género, que propiciaron diálogos y reflexiones profundas, así como el uso de métodos alternativos de recolección de la información.

Descripción

La actividad comenzó con la llegada del equipo del eje 8 de Agrosavia al Restaurante Isla Morada que organizó el espacio para disponerlo al Encuentro de manera circular, con una estación de café y aromática. En primer lugar, se realizó el registro de las personas que iban llegando al encuentro. A continuación, se comenzó por el primer momento con un ejercicio corporal de reconocimiento del propio cuerpo para la disposición al espacial. Como segundo momento, realizamos la identificación de las fuentes de información agroclimática usadas en la vida cotidiana revisando la información consignada o mejor, cosida en los mapas textiles, reconociendo que no se hace uso de todas las fuentes de información.

En tercer lugar, realizamos la presentación de diferentes plataformas de información agroclimática digitales: Plataforma siembra, Linkata, BAC, Agroclima, Ideam, Sistema experto MAPA, Sistema de información agroclimática para Papa, Canal Clima. Esto se realizó por medio de la proyección de material audiovisual pedagógico de cada plataforma, junto con la exploración colectiva de las principales herramientas.

Un cuarto momento de revisión de 4 casos de problemáticas agroclimáticas y de género y posibles soluciones con los usos de dichas plataformas: Caso 1: "Las papas y las lluvias impredecibles", Caso 2: "El calor y los insectos no benéficos avanzan", Caso 3: Fuentes de información distinta, Caso 4: Cultivos de papa y los gases de efecto

invernadero. Cada grupo realizó una presentación por medio de una cartelera en la cual analizaron el caso y propusieron posibles soluciones o formas de trabajar la problemática. En este punto se evidenció el aprendizaje frente a los asuntos de género y problemas agroclimáticos de una manera clara.

Como quinto momento de definición de los mínimos de cuidado para la creación y sostenimiento de redes, finalizando con la creación de una red propia. En la conversación, se llegaron a las siguientes definiciones:

Nombre de la red: Red Tocaventa

Compromisos de cuidado colectivo:
Todo el mundo puede escribir
Respeto y trabajo en equipo

Mediadoras en situaciones de conflicto:
Todo el grupo, no necesitamos moderación.

¿Para qué sirve la red?
Uso exclusivo de información: agroclimática y de prevención y atención y ayuda colectiva entre mujeres

Para cerrar, una entrega de certificados de participación de la formación y espacio de co-creación de conocimientos.

Conclusiones

El despliegue este último espacio de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género logró cumplir con los objetivos y la agenda propuesta de manera satisfactoria, en donde se resaltan las metodologías participativas y diálogos dinamizados.

Propósitos Alcanzados

El evento logró integrar componentes clave para fortalecer las capacidades locales en el agro, destacando:

7. Capacitación Técnica en TIC: Las personas participantes adquirieron habilidades prácticas para manejar herramientas tecnológicas en el agro, como plataformas de monitoreo agroclimático, reduciendo brechas digitales de género y promoviendo el acceso equitativo a la información.

8. Identificación de Problemáticas de Género: A través de dinámicas colaborativas, se visibilizaron desigualdades y problemáticas específicas de género en los territorios, impulsando el compromiso para desarrollar soluciones inclusivas.

9. Creación de Redes Colaborativas: Una de las principales conclusiones del evento fue la creación de la Red TocaVenta, un espacio colaborativo que conectará a las asociaciones participantes para promover entornos agrícolas equitativos y resilientes.

Principales Resultados

7. Fortalecimiento de Capacidades Locales: Las personas asistentes demostraron un incremento significativo en sus habilidades para manejar herramientas TIC aplicadas al agro, reduciendo brechas de conocimiento.

8. Consolidación de una Visión de Equidad: Las reflexiones sobre género permitieron sensibilizar a las comunidades sobre la importancia de un enfoque inclusivo en la toma de decisiones y la gestión territorial.

9. Red TocaVenta: La creación de esta red colaborativa constituye un paso importante hacia la sostenibilidad y equidad en los territorios de Toca y Ventaquemada, fomentando alianzas estratégicas entre las comunidades campesinas.

Reflexión Final

Los encuentros en Toca representaron un avance significativo hacia la integración de las TIC y el enfoque de género en las prácticas agropecuarias de la región. Este espacio de aprendizaje y colaboración no solo fortaleció las capacidades técnicas de las personas participantes, sino que también promovió un cambio cultural hacia la equidad y la resiliencia comunitaria. La Red TocaVenta emerge como un logro clave, con el potencial de ampliar el impacto del evento y sostener las iniciativas desarrolladas.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Recomendaciones para el Futuro

- Seguimiento a la Red TocaVenta: Acompañar el desarrollo de la red para garantizar su operatividad y sostenibilidad.
- Replicabilidad Regional: Extender estos encuentros a otras regiones con necesidades similares para maximizar su impacto.
- Monitoreo del Impacto: Implementar mecanismos para evaluar cómo las herramientas TIC y las estrategias desarrolladas benefician a las comunidades a largo plazo.

Evidencias - Anexos

- Registros fotográficos de las actividades realizadas en la sesión.

(Enlace Anexos)

Tabla 46.Documentos Actividad 7. Seminario-Taller Global de Herramientas de Transversalización del Enfoque de Género del Proyecto CAS – Eje 8 AGROSAVIA.

Componente
Transversal
Eje
8. Plan Social, Ambiental y de género
Actividad GCF
Estrategia de capacitación y formación en equidad y enfoque de género dentro del proceso de asistencia técnica
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte de ejecución de actividad Seminario-Taller Global de Herramientas de Transversalización del Enfoque de Género del Proyecto CAS – Eje 8 AGROSAVIA.
Objetivo
Propiciar espacios de reflexión, aprendizaje y compromisos colectivos con las personas líderes de los demás ejes del proyecto CAS en la corporación AGROSAVIA, alrededor de la transversalidad del Enfoque de Género, la importancia de sus conceptos fundamentales y las herramientas claves para su despliegue aplicado de manera general y particular para cada eje del proyecto CAS. Esta formación intensiva para investigadoras e investigadores del agro, es fundamental para el despliegue efectivo de la transversalización del enfoque de género desde una aproximación integral y amalgamada en todos los momentos de despliegue del proyecto.
Justificación
Despliegue de actividades del Plan de acción de género proyecto CAS, que tienen como propósito contribuir al cierre de brechas de género en las cadenas productivas priorizadas y promover el acceso equitativo a las estrategias, planes, programas, servicios, bienes y actividades del Proyecto CAS. Teniendo presente el carácter transversal del Eje 8. Implementación de un Plan Ambiental, Social y de Género, la formación y capacitación en asuntos de género es crucial para el éxito del proyecto CAS en general, y en particular en cada eje, uno de los cuales lideran y/o acompañan desde AGROSAVIA.
Antecedentes
Documento de *Contenidos y consideraciones. Módulos TIC con perspectiva de género*, construido por el equipo de género eje 8 del Proyecto CAS desde Agrosavia. Diseño metodológico de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género y ejecución de los Encuentros alrededor de las TIC para el agro desde el enfoque de género en Toca y Villeta.
Metodología

La metodología del evento está pensada de manera participativa y desde ejercicios colaborativos de aprendizaje, por lo cual estamos en disposición a la o las formas de participación en las que quieran acompañarnos, teniendo presente que se trata de investigadoras e investigadores agropecuarios con poca o ausencia de formación en los debates alrededor del género.

Resumen ejecutivo

Entre el 2 y 4 de diciembre de 2024 se realizó el Seminario-Taller Global de Herramientas de Transversalización del Enfoque de Género del Proyecto CAS – Eje 8, en Mosquera, Cundinamarca como espacio de aprendizaje y reflexión colectiva dirigido a investigadoras e investigadores agropecuarios de Agrosavia.

Descripción

Desarrollo del Evento

Estructura del Taller

El evento se organizó en tres días consecutivos con actividades divididas en sesiones teóricas, dinámicas participativas y actividades culturales. Cada día abordó un tema central relacionado con la perspectiva de género en el sector agropecuario:

1. **Día 1: Introducción al Enfoque de Género**
    a. **Sesión 1:** Presentación del Plan de Acción de Género del Eje 8 del Proyecto CAS y conversatorio sobre la importancia del enfoque de género en el agro.
    b. **Sesión 2:** Exploración de conceptos fundamentales sobre género y sexualidad, abordando nociones clave para entender las desigualdades en contextos rurales.
    c. **Actividad cultural:** Integración de los asistentes a través de dinámicas que facilitaron un ambiente de colaboración.
2. **Día 2: Interseccionalidad y Políticas Públicas**
    a. **Sesión 3:** Análisis de la interseccionalidad como paradigma para comprender la complejidad de las desigualdades en el agro.
    b. **Sesión 4:** Discusión sobre políticas públicas, enfoques diferenciales y propuestas de cambio estructural en el sector agropecuario.
    c. **Actividad cultural o salida grupal:** Fortalecimiento del sentido de comunidad entre los asistentes.
3. **Día 3: Aplicación Práctica**
    a. **Sesión 5:** Creación de planes de acción para integrar la perspectiva de género y diversidad en los proyectos del CAS.
    b. **Cierre cultural y almuerzo:** Espacio final de celebración, donde las personas participantes compartieron sus reflexiones y conclusiones.

Logística y Recursos

El evento contó con un espacio técnico y logístico bien preparado:

- **Instalaciones:** Salón equipado con proyector, pantalla, sistema de sonido y conexión a internet.
- **Catering:** Se ofrecieron un total de 90 almuerzos y 104 refrigerios distribuidos estratégicamente durante los tres días.
- **Materiales:** Papelería y recursos visuales de apoyo que facilitaron las actividades prácticas.

Impacto y Logros

1. **Fortalecimiento Conceptual:**

a. Las personas asistentes mejoraron su comprensión sobre temas clave como género, sexualidad e interseccionalidad. Estas bases son esenciales para implementar cambios estructurales en el agro.

2. **Creación de Herramientas Prácticas:**
   a. Se desarrollaron recomendaciones integrando estrategias concretas para abordar desigualdades de género en el contexto agropecuario.
3. **Fomento de la Colaboración:**
   a. Las actividades culturales y participativas generaron un ambiente de confianza y colaboración entre las personas participantes, fomentando un compromiso colectivo hacia los objetivos del taller.
4. **Alineación Estratégica:**
   a. El evento reforzó el compromiso institucional de AGROSAVIA con la equidad de género, alineando sus acciones con políticas públicas y objetivos de desarrollo sostenible.

Oportunidades de Mejora

Aunque el evento cumplió con sus objetivos, se identificaron áreas de mejora que podrían potenciar el impacto de futuras ediciones:

1. **Ampliación del Tiempo para Sesiones Prácticas:**
   a. La creación de los planes de acción habría sido más efectiva con sesiones adicionales para revisar y detallar las estrategias propuestas.
2. **Incorporación de Casos de Éxito:**
   a. Incluir ejemplos internacionales o nacionales exitosos habría enriquecido el análisis y brindado referentes concretos.
3. **Mayor Inclusión de Actores Externos:**
   a. La participación de organizaciones externas, expertos internacionales o representantes de comunidades rurales podría aportar nuevas perspectivas y enriquecer el debate.
4. **Seguimiento Post-Evento:**
   a. Diseñar un sistema para dar continuidad a los planes de acción permitiría evaluar su implementación y medir su impacto real en el mediano y largo plazo.

Conclusiones

El Seminario-Taller fue un evento transformador que logró sensibilizar y capacitar a los líderes de AGROSAVIA en la importancia de incorporar la perspectiva de género en sus proyectos. El enfoque práctico y participativo, combinado con actividades culturales, resultó ser una estrategia efectiva para alcanzar los objetivos planteados.
La integración de la perspectiva de género no solo responde a una necesidad ética, sino que también contribuye al fortalecimiento del sector agropecuario, haciéndolo más inclusivo y sostenible. Este evento marcó un hito en la trayectoria de AGROSAVIA hacia la equidad y la diversidad, sirviendo como un modelo a seguir para futuros talleres e iniciativas institucionales.

- **Capacitación Integral:**
  Las personas participantes fortalecieron sus habilidades en TIC, género y metodologías participativas. Se diseñaron planes de acción prácticos para aplicar estos enfoques en sus territorios.
- **Redes y Colaboración:**
  La creación de la **Red TocaVenta** en Boyacá y las alianzas promovidas en los talleres fortalecen la sostenibilidad de las estrategias propuestas.
- **Metodologías Participativas:**
- La inclusión de herramientas como cartografía social y círculos de compromiso fomentó aprendizajes significativos y colaboración activa.

Recomendaciones - Pasos a seguir
Se plantean las siguientes recomendaciones: 1. Reforzar el Seguimiento: Establecer un mecanismo de evaluación para garantizar la implementación efectiva de los planes de acción. 2. Ampliar la Difusión: Replicar el evento en otras regiones del país para involucrar a más actores clave del sector agropecuario. 3. Desarrollar un Programa Continuo: Implementar un programa de talleres y capacitaciones continuas que profundicen en temas específicos relacionados con género y agro. El seminario-taller representó un avance significativo en la transversalización del enfoque de género en el agro colombiano y sentó las bases para un cambio estructural sostenible en el sector.
Evidencias – Anexos
• Anexo 1: Diseño de contenidos • Anexo 2: Agenda seminário taller e invitaciones • Anexo 3: Registros fotográficos

Tabla 47. Documentos de investigación para caracterizar los productores de caña panelera

Campo
Componente: 2
Eje: 4
Actividad GCF: C2 Eje 4 Subactividad 3.5.1 Técnicas de manejo de cultivo por sitio especifico y opciones tecnológicas validadas para uso eficiente de agua y bajas en carbono.
Tipo de documento: Diagnóstico / PRODUCTO: Caracterización del sistema productivo de caña panelera en cada región (cuatro municipios).
Objetivo: Caracterizar los productores de caña de azúcar para producción de panela en los municipios priorizados de los partamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Valle del Cauca, a través de cuatro etapas o actividades: Recopilación de información secundaria (bases de datos de productores), Diseño muestreal, Aplicación de instrumento de recolección y por último análisis estadístico y tipificación de productores por municipio.
Justificación: Es importante analizar el cambio climático en el sector agropecuario porque éste influye en el cambio climático global y a su vez se ve afectado por este cambio. Las actividades agrícolas y pecuarias contribuyen al cambio climático porque emiten a la atmósfera cantidades significativas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). A su vez, actividades como el cultivo, la producción de los insumos utilizados durante el cultivo (por ejemplo, los fertilizantes químicos), el procesamiento, el almacenamiento, el envasado y la distribución de productos agrícolas, emiten, todas ellas, gases de efecto invernadero (GEI). De acuerdo con la (FAO,2021) los sistemas agroalimentarios producen 11 000 millones de toneladas de alimentos al año y emplean a 4 000 millones de personas directa o indirectamente. El sector agroalimentario, incluidas la actividad forestal y la pesca, también representa una tercera parte de las emisiones

antropógenas de gases de efecto invernadero que impulsan el cambio climático y ocupa el 37% de la superficie terrestre del planeta.

En Colombia, los aportes de la agricultura al inventario de GEI representan el 43% del total de emisiones y se encuentran en segundo lugar después del módulo de energía (IDEAM, PNID, DNP, CANCILLERÍA, 2015). Estas emisiones son asociadas a la gestión de los suelos, aporte de fertilizantes nitrogenados y quema de biomasa, entre otros. Acorde con la Encuesta Nacional Agropecuaria, para el 2015 existían 2.332.577 ha de área sembrada o suelos gestionados, con el 65,6% dentro de cultivos permanentes, de los cuales el 11,0% se encuentra en caña para la agroindustria panelera.

Por lo anterior, la presente actividad busca caracterizar los productores de caña de azúcar para panela de los municipios de Caparrapí, Cundinamarca; Chitaraque, Boyacá; Mogotes, Santander y Tuluá, Valle del Cauca en términos de identificación de la unidad productiva, actividades productivas, aspectos técnicos del cultivo, descripción de la planta de proceso, aspectos sociales, subproductos y residuos.

Antecedentes: La huella de carbono (HDC) de los productos se concibe como un instrumento para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de los bienes y servicios de la cadena de suministro en su totalidad, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta todas las fases de producción, procesamiento, transporte, distribución, utilización por parte de los consumidores y eliminación de los residuos. La HDC se calcula para comprender mejor las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los productos.
El cálculo de la HDC de un producto agrícola durante todo su ciclo de vida incluye, normalmente, las emisiones procedentes de:

- La producción de los insumos utilizados durante el cultivo (por ejemplo, fertilizantes, plásticos o alimentos concentrados);
- La fase de cultivo;
- El transporte (por ejemplo, de la explotación agrícola a los centros de procesamiento y a los destinos de exportación);
- El envasado;
- El procesamiento y el almacenamiento;
- La fase de utilización por parte del consumidor; y
- La eliminación de los residuos.

Normalmente, las metodologías de la HDC se basan en métodos consolidados para el análisis del ciclo de vida (ACV) (ISO 2006). La HDC incluye todos los GEI más importantes, si bien los GEI más significativos en el ámbito de la agricultura son el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el dióxido de carbono (CO_2). Para permitir la comparación entre distintos GEI, los GEI distintos al CO_2 se convierten en la unidad común de dióxido de carbono "equivalente" (CO_2 eq) sobre la base de su potencial de calentamiento atmosférico, en relación con el del CO_2. Tanto el metano como el óxido nitroso son GEI más potentes que el CO_2: el potencial de calentamiento atmosférico de 1 kg de metano y óxido nitroso es 25 y 298 veces superior al del CO_2, respectivamente (IPCC 2007b).

Metodología:La metodología propuesta pretende realizar una caracterización de los productores de caña de los municipios priorizados términos de identificación de la unidad productiva, actividades productivas, aspectos técnicos del cultivo, descripción de la planta de proceso, aspectos sociales, subproductos y residuos. El marco muestral se definió empleando la base de datos suministrada por Fedepanela a CIAT en la cual se encuentra los productores por cada municipio priorizado.

1. **Aplicación de instrumento de recolección**

Se iniciará con la aplicación del instrumento de recolección que tiene como finalidad caracterizar los productores de caña en la región priorizada, en términos de identificación de la unidad productiva, actividades productivas, aspectos técnicos del cultivo, descripción de la planta de proceso, aspectos sociales, económicos, fitosanitarios, ambientales, subproductos, residuos y de percepción. Su aplicación se realizará por medio de entrevistas a cada productor directamente en su predio.

En el instrumento de recolección de información, se obtendrá información de los siguientes componentes relacionados con la producción de panela figura 1:

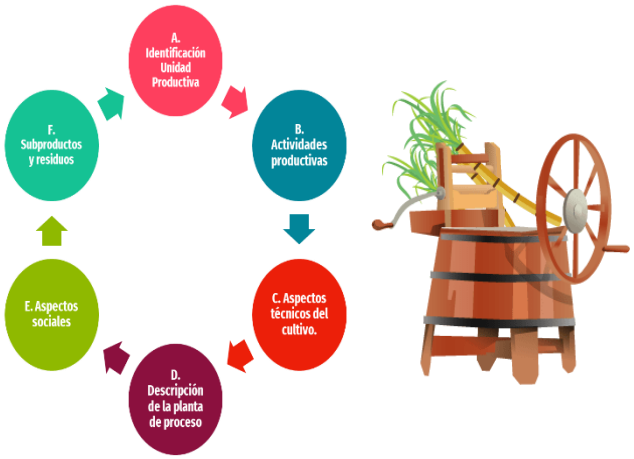


Figura 1. Componentes del instrumento de recolección

A. **<u>Identificación de la Unidad Finca-Trapiche, UFT:</u>** Información del tipo de productor, topografía de la finca, área total de la finca, área de la finca en caña, vías de acceso a la finca, comercialización de sus productos, datos de la casa, servicios públicos (agua, electricidad, comunicación), si tiene trapiche, área del mismo, material de construcción

B. **<u>Actividades productivas:</u>** Información de uso de la tierra, producción pecuaria y otros cultivos.

C. **<u>Aspectos técnicos del cultivo:</u>** Información sobre variedades de caña, manejo los lotes de caña, semilla, sistemas de siembra, preparación del terreno, sistema de corte, fertilización, manejo de plagas y enfermedades, manejo de malezas, riego.

D. **<u>Descripción de la planta de proceso:</u>** Se indaga en temas como transporte de la caña al trapiche, fuente de energía usada para la extracción del jugo de caña de azúcar (molienda), área cultivada y cosechada para la molienda , el rendimiento de la variedad sembrada, equipos de molienda, motor, tipo de cámara de combustión, secciones de la parrilla , tipo de combustible, descripción de pailas en la hornilla, distancia de la entrada de la cámara a la primera paila, adopción de tecnologías de proceso, forma, altura y material de la chimenea, material de la cubierta de la bagacera, área, descripción de otros implementos del trapiche, clarificante (aglutinante) que utiliza durante la molienda, requerimientos de agua en el proceso, datos de producción de kilogramos, duración molienda típica, tipos de molienda.

E. **Aspectos socioeconómicos:** Composición y características de la familia, servicios y programas sociales, participación en acciones comunitarias, temas de ahorro, crédito, tipo de trabajadores en la producción de caña y panela, mercado, comercialización.

F. **Subproductos y residuos:** Uso de la palma o cogollo de la caña, producción de semilla de caña, uso de estiércol de animales para compostaje, tipo de animales aprovecha el estiércol, uso del bagacillo, de la cachaza, de la ceniza de la hornilla, disposición del bagazo, origen del agua de lavado de las gaveras o moldes, disposición de aguas residuales

G. **Funciones y problemática de la Agroindustria panelera:** Temas de capacitación, problemáticas, importancia de la producción de panela.

2. Análisis estadístico y tipificación de productores por municipio.

El resultado de las entrevistas recopilará datos sobre características mencionadas en la etapa de recolección de información. Los datos serán procesados mediante un análisis de correspondencia múltiple, conglomerados y pruebas Chi-cuadrado, esto con el propósito de caracterizar y diferenciar los aspectos relevantes entre grupos.

Recomendaciones - Pasos a seguir
Para el mes de octubre 2024 se tiene programado la aplicación del instrumento de recolección de información directamente en finca de productor en cada uno de los municipios priorizados y de acuerdo con la base de datos suministrada por FEDEPANELA-CIAT.

Evidencias – anexos
Apartados Instrumento de Recolección de Información en campo

Nota de aceptación: La presente encuesta tiene como objetivo realizar una caracterización del sistema productivo de caña panelera en diferentes departamentos del país; la información obtenida será utilizada con fines investigativos como parte inicial del proceso de recolección de datos, para efectos de análisis dentro del proyecto "Colombia Agroalimentaria Sostenible - CAS" ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA-FEDEPANELA y CIAT.

Voluntariamente doy mi autorización para participar en el proceso de recolección de información frente a una serie de aspectos sociales, económicos, productivos y ecológicos del territorio, bajo la condición que se proteja mi identidad e intimidad, haciendo buen uso del material suministrado.

Nombre: _____ Celular: _____ Firma: _____

Fecha:	**Nombre del entrevistador:**	
Información general		
Persona entrevistada:	**Celular:**	
Información de la finca		
Departamento:	**Municipio:**	**Vereda:**
Nombre de la finca:	**Coordenadas: N:** **W:**	**Altitud:**

A. Identificación de la Unidad Finca-Trapiche, UFT

1. Tipo de productor

- Dueño de caña y trapiche
- Dueño de solo trapiche
- Dueño de caña
- Aparcero
- Otro, ¿cuál? _____

C. Aspectos técnicos del cultivo

22. Variedades de caña

Variedad de caña	Año introducción	¿Cómo adquirió la variedad?

23. ¿Usted da el mismo manejo a todos los lotes de caña?

- Si
- No

24. ¿Tiene conocimiento sobre el manejo de lotes específicos para semilla?

- Si
- No

25. Usted maneja los cortes por:

- Parejo
- Entresaque
- Ambos
- Otro, ¿cuál? _____

Tabla 48. Documentos de investigación: Protocolo para la evaluación de variedades de caña de azúcar para panela en diferentes localidades y gradientes altitudinales

Componente
2
Eje
3
Actividad GCF
actividad 3.2.2 protocolo para la evaluación de variedades de caña de azúcar para panela en diferentes localidades y gradientes altitudinales
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Evaluar variedades de caña de azúcar para panela en diferentes localidades y gradientes altitudinales
Justificación
Se tomará muestras de suelo, tanto físicas como químicas, con el propósito de determinar el estado inicial del suelo, esta muestra se tomará antes de establecer la parcela de validación y después de cosecha, para determinar si

existen cambios en las propiedades físicas (estabilidad de agregados) y disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que permitirá conocer las necesidades del suelo en estudio y facilitará la toma de decisiones.

Antecedentes

- Reporte de diagnóstico de consumo de agua, prácticas de uso eficiente, y diseño de sistema de monitoreo, estructurados con socios locales en los sistemas productivos de banano, plátano, caña panelera, caña de azúcar, café y ganadería.

Metodología

Se tomará muestras de suelo, tanto físicas como químicas, con el propósito de determinar el estado inicial del suelo, esta muestra se tomará antes de establecer la parcela de validación y después de cosecha, para determinar si existen cambios en las propiedades físicas (estabilidad de agregados) y disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que permitirá conocer las necesidades del suelo en estudio y facilitará la toma de decisiones (Figura 18).
Las muestras se tomarán siguiendo el diagrama de proceso, como se muestra en la figura 18.

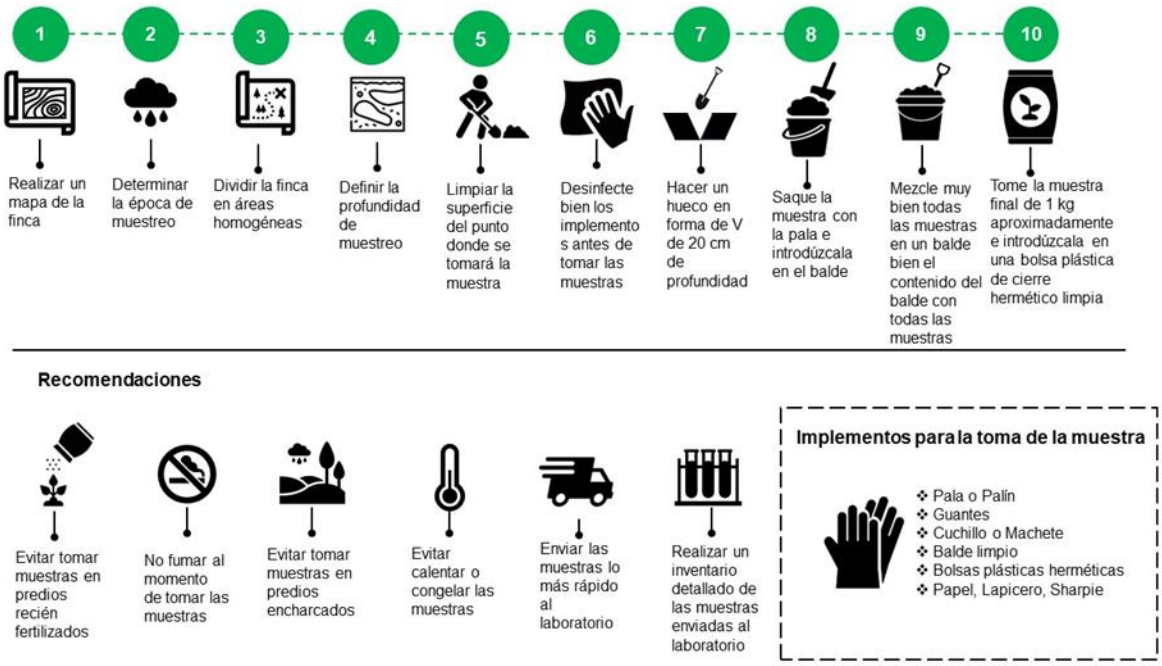


Figura 18. Instructivo toma muestra de suelo. Elaboró: José Libardo Lerma, AGROSAVIA.

Preparación del terreno

El sistema más recomendado y utilizado es el de labranza mínima, el cual consiste en preparar el surco donde se va a sembrar la caña; si el lote está en rastrojo cortarlo manualmente con machete o guadaña, acomodando el rastrojo cortado en las calles. Luego procedemos a realizar los surcos manualmente con azadón o pica y en curvas a nivel.

Establecimiento

Se utilizará como material de siembra, plantilla de las variedades de caña seleccionadas, que serán establecidas en vivero de sede Cimpa – Agrosavia, la densidad de siembra será 12.666 pl/ha, con una distancia entre surcos de 1,30 m y 0,60 m entre plantas; cada unidad experimental estará constituida por ocho (8) surcos de seis (6) metros de longitud, con una unidad experimental de 62,4 m^2 y un área útil de 31,2 m^2.

Fertilización

El cultivo de caña para panela extrae grandes cantidades de nutrientes a través de los cortes, por lo cual se realizará la fertilización de acuerdo con el análisis de suelos y los requerimientos del cultivo en la zona, derivado de estudio previos la extracción de nutrientes 175 $kgha^{-1}$ N, 60 $kgha^{-1}$ P_2O_5, 250 $kgha^{-1}$, K_2O, 50 $kgha^{-1}$, MgO y 60 $kgha^{-1}$ S (Rengel, M. *et al*., 2011)[13]

Manejo plagas

Las parcelas en experimentación recibirán liberaciones de controladores biológicos para el ataque del barrenador del tallo según las recomendaciones de AGROSAVIA (2021), de acuerdo con resultados de validación en cultivo de caña en Moniquirá, Boyacá, como se muestra en la tabla No. 3.

Tabla No. 4. Guía para definir el control biológico del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea* spp.

Edad de cultivo	**Dosis de parásitos y época de liberación según edad de la caña de azúcar para panela**
2 meses	50 pulgadas 2 de *Trichogramma exigumm*
4 meses	30 individuos de *Billaea claripalpis*
	50 pulgadas 2 de *Trichogramma exigumm*
6 meses	30 individuos de *Billaea claripalpis*
	2 gramos capullos *Cotesia flavipes*
8 meses	2 gramos capullos *Cotesia flavipes*

Elaborado por: Fernanda Barona

Los transectos altitudinales facilitarán la evaluación de cómo las variaciones en temperatura, humedad, distribución de la precipitación, entre otros factores, impactan el sistema productivo de caña de azúcar destinada a la producción de panela. Según la metodología propuesta por Izquierdo Hernández *et al*. (2024), la determinación de biomasa desempeña un papel crucial en este tipo de estudios, ya que integra y correlaciona factores edáficos, climáticos y genéticos. En este contexto, durante el proceso de caracterización, se utilizarán las imágenes satelitales y los datos obtenidos mediante sensores remotos, con el propósito de identificar y definir los índices de vegetación más asociados al cálculo de toneladas de caña por hectárea (TCH) de la Subactividad 1.5.1.

Se instalarán cuatro estaciones meteorológicas, cada una equipada con la plataforma FieldClimate - µMETOS 280-MWS (compatibles con tecnologías de comunicación 2G, 3G y 4G) y una tarjeta SIM para transmisión de datos. Estas estaciones cuentan con una interfaz interna PCB que permite la conexión de un sensor XPess LInstruments, cuatro sensores Watermark, un sensor de temperatura del suelo y el sensor PI 54-D de LInstruments, diseñado para medir simultáneamente la humedad y la temperatura del suelo. Esta plataforma facilitará la gestión de información climática en tiempo real, permitiendo la generación de una base de datos extensiva (Big Data) y el desarrollo de una climatología detallada durante la ejecución del proyecto.

Para determinar el rendimiento en toneladas de caña por hectárea (t caña ha^{-1}), se llevará a cabo un conteo de tallos aptos para molienda en un tramo de 10 metros lineales. Este valor será multiplicado por 7692, correspondiente al número de metros lineales presentes en una hectárea con surcos espaciados a 1,30 m. Posteriormente, se tomará una muestra de 10 tallos aptos para molienda en el tramo a evaluar, pesando el tallo completo y después cortando el cogollo, para obtener el peso promedio. Este procedimiento permitirá estimar con precisión el rendimiento de caña por hectárea (t caña ha^{-1}), de acuerdo con la siguiente ecuación.

Rendimiento (TCH)= (Masa media de tallo) *(Tallo ha^{-1}).

TCH= Toneladas de caña por hectárea.

[13] Rengel, Marcos, Gil, Fernando, & Montaño, José. (2011). Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. macronutrientes. *Bioagro*, *23*(1), 43-50. Recuperado en 10 de diciembre de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000100006&lng=es&tlng=es.

Para determinar el contenido de materia seca, se realizará la cosecha aleatoria de dos metros lineales de cultivo, los cuales serán pesados para obtener el peso total de la muestra. Posteriormente, se separarán y pesarán individualmente los componentes principales: tallos y cogollo, mientras que el peso de las hojas será calculado por diferencia. Cada componente será picado por separado, y se colectará una submuestra de entre 400 y 500 g, la cual será colocada en un sobre de papel manila. Las muestras serán secadas en una estufa con flujo de aire a una temperatura constante de 65 °C durante un periodo de 72 horas, permitiendo así la determinación precisa de su contenido de materia seca.

Para estimar los valores de tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y del índice de cosecha (IC), se realizarán a partir de la materia seca utilizando las siguientes relaciones (Marafon, 2012; Hunt *et al*., 2002):

$TCA\ (kg\ dia^{-}1)$ =$(MS_2 - MS_1)/(t_2 - t_1)$

LnMS= materia seca por metro lineal (cosecha 1 y 2).

t= tiempo 1 y 2.

$TCR\ (g\ g^{-}1 dia^{-}1)$ =$(LnMS_2 - LnMS_1)/(t_2 - t_1)$

$TCC\ (g\ m^{-2}\ dia^{-1})$ =$(MS2 - MS1S)/(t_2 - t_1)$

Donde S= unidad de área de muestreo (m2).

$IC = MS\ tallosMS\ total$

Tratamientos de investigación

Para evaluar las variedades de caña bajo diferentes condiciones agroecológicas y gradientes altitudinales en los departamentos priorizados, se realizará un estudio del comportamiento agronómico de la variedad regional utilizada en los municipios seleccionados, así como de dos variedades adicionales para validar su desarrollo bajo las mismas condiciones. En ese sentido, por cada variedad o tratamiento se realizarán tres repeticiones, para un total de nueve unidades experimentales por localidad. Se evaluarán los materiales en cuatro localidades, cada una ubicada a diferente altitud.

Tabla No. 5. Tratamientos de investigación para la evaluación de variedades de caña de azúcar para panelea a diferentes grados altitudinales.

Gradiente altitudinal	Tratamientos	Repeticiones
I: Altitud 1	Tres variedades de caña incluyendo el testigo regional	Tres repeticiones por tratamiento para un total de nueve unidades experimentales
II: Altitud 2	Tres variedades de caña incluyendo el testigo regional	Tres repeticiones por tratamiento para un total de nueve unidades experimentales
III: altitud 3	Tres variedades de caña incluyendo el testigo regional	Tres repeticiones por tratamiento para un total de nueve unidades experimentales
IV: Altitud 4	Tres variedades de caña incluyendo el testigo regional	Tres repeticiones por tratamiento para un total de nueve unidades experimentales

Mapa de campo de los tratamientos a establecer en cada localidad, y gradiente altitudinal para el establecimiento de las parcelas de evaluación. Figura 19.

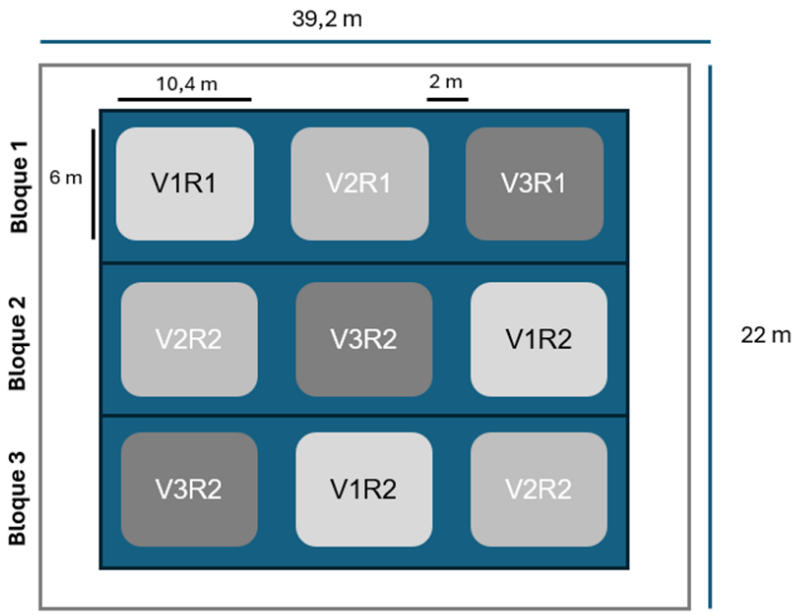


Figura 19. Mapa de campo parcelas de validación.

Diseño estadístico

Se utilizará un Diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones para un total de nueve unidades experimentales. El modelo matemático de este diseño es:

y_{ij}: representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ : media general

τi: efecto del i-ésimo tratamiento

β_j: efecto del j-ésimo bloque

e_{ij}: error experimental en la unidad j del tratamiento i

Cada unidad experimental se constituirá por quince (15) surcos de diez (10) metros de longitud, con una distancia de siembra de 1,30 entre surco y 0,60 entre planta para un área útil de la Unidad Experimental de 190,5 m².

En las unidades experimentales de cada tratamiento establecido en las parcelas de evaluación, se analizarán las variables agronómicas previamente priorizadas por el equipo técnico de investigadores de AGROSAVIA y FEDEPANELA. La evaluación de cada variable se realizará en función de la etapa del desarrollo fisiológico del cultivo, como se presenta en la tabla No. 6.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: Los datos resultantes de la investigación se analizarán a través del software estadístico R (R Core Team, 2020), a través del paquete agrícola (Mendiburu, 2021). En la investigación, se realizará un análisis de varianza (ANAVA) y se aplicará una prueba de Tukey con el propósito de establecer diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Para ello se tendrá en consideración las variables agronómicas y de producción establecidas en la metodología.

Evaluaciones agronómicas: De acuerdo con los sitios idóneos y las características agronómicas de los materiales, se realizará la evaluación de las variedades, cuando se encuentren en edad óptima para la cosecha, se realizará la respectiva molienda experimental. Se tendrá en cuenta el índice de madurez (IDM), el cual debe oscilar entre 0,95 y 1 por lo cual es importante realizar monitoreo de brix apical sobre el brix basal encontrando la relación, esta variable se tomará desde los 12 meses de edad y se construirá la curva de madurez de cada uno de los materiales. Cuando los materiales se encuentren en punto de madurez óptima se realizará la molienda experimental para determinar las toneladas de caña por hectárea (TCH) y se procederá a enviar a la sede de AGROSAVIA – Cimpa en Barbosa Santander una muestra de 15 kilogramos de caña de cada variedad, esta muestra de caña será recepcionada, molida y convertida a panela, y se estimará el porcentaje de conversión (%Con) a panela que presente cada material. Con dicha información se realizarán los cálculos de toneladas de panela por hectárea (TPH) y se lograrán identificar los materiales que presenten mejores condiciones de adaptación a la zona productora de panela y específicamente en las localidades de trabajo. A los jugos y a la panela de cada una de las muestras enviadas al laboratorio de la sede CIMPA se les realizarán los análisis de caracterización fisicoquímicos en las variables de pH, brix, Pol Sacarosa, Reductores, Fosfatos, Pureza y Humedad para el caso de panela, además de una descripción del color obtenido de cada una de las muestras. Metodología laboratorio CIMPA-AGROSAVIA.

Tabla No. 6. Cronograma evaluaciones agronómicas en parcelas de validación, vinculación e investigación.

Nro.	***Variable de estudio***	***Meses después de la siembra***						
		1.5	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**
1	Porcentaje de prendimiento	x						
2	Población tallos / 2 m lineales	x	x	x	x	x	x	x
3	Barrenadores del tallo	x	x					x
4	Numero de corazones muertos	x	x					
5	Altura de planta – m			x	x	x	x	x
6	Biomasa		x	x	x	x	x	x
7	Diámetro de tallos – cm			x	x	x	x	x
8	Enfermedades foliares			x		x		
9	Comportamiento agronómico				x		x	
10	Volcamiento - %				x		x	
11	Floración - %				x		x	
12	Deshoje natural				x		x	
13	Grados brix de campo					x	x	x
14	Índice de madurez en campo					x	x	x
15	Rajadura de corteza - %							x
16	Presencia de lalas o chulquin							x
17	Contenido de pelusa			x	x	x	x	x
18	Longitud de entrenudos – cm							x
19	Total, de entrenudos por tallo			x	x	x	x	x
20	Índices de crecimiento							x
21	Peso caña 5 tallos – kg							x
22	Peso cogollo 5 tallos – kg							x

23	Peso palma 5 tallos – kg							x
24	Análisis de laboratorio							x
25	Datos para análisis estadístico							x

Elaboración propia

Porcentaje de prendimiento: Evaluación 15 días después de la siembra, en dos metros lineales, conteo de numero de pt/m.
Población de Tallos: (Pt/2m), se realizará un conteo de tallos en dos metros lineales, con una cinta métrica, para obtener la población de tallos por metro lineal.
Barrenadores del tallo: Evaluación de signos de corazón muerto en tres (3) metros lineales, se realiza el conteo de plantas con síntomas.
Índice de infestación: Tamaño de la muestra variable, 3 meses después de la siembra se realiza evaluación de tallos con perforaciones (daño por Diatraea spp), se corta y se realiza conteo de entrenudos afectados, sobre entrenudos totales, para determinar índice de infestación.
Altura de planta: Tamaño de la muestra variable, sujeto a la densidad de plantas y unidades de evaluación. Medida con regla topográfica desde el inicio del tallo, hasta la primera lígula visible.
Diámetro de tallo: Tamaño de la muestra variable, sujeto a la densidad de plantas y unidades de evaluación. Medición en la parte central del entrenudo.
Población de tallos por hectárea: (PT/ha), se multiplica el número de tallos por metro lineal, por el número de metros lineales en la hectárea, de acuerdo con la distancia de siembra.
Concentración de solidos solubles totales: SST en jugos (°Brix), se toma una muestra de jugo con ayuda de punzón, se extrae una muestra de juego del tercer entrenudo basal y el octavo entrenudo apical, con ayuda del refractómetro, se realiza la lectura y se procede a determinar el índice de madurez IDM, el cual nos indicara la curva de madurez fisiológica y programación adecuada de molienda comercial, el índice debe estar entre 0,95 y 1.
Evaluación plagas: Se realizará monitoreo con trampas de acuerdo con tamaño de la unidad experimental, y se tomará decisiones con base a lo observado. Plagas de interés barrenador de la caña (Diatraea spp), Hormiga loca (Paratrechina fulva), salivazo (Mahanarva bipars).
Evaluación enfermedades: Se realizará 45 días después de la siembra, a los 6 y 9 meses, tomando una muestra y realizando un monitoreo de enfermedades de importancia económica como roya café, Puccinia melanocephala Syd. and P. Syd, roya naranja, Puccinia kuehnii Butler, virus del mosaico común (SCMV), escaldadura de la hoja, Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson y carbón de la caña de azúcar, Sporisorium scitamineum (Syd.) M. Piepenbr, junto con enfermedades de menor importancia económica, como mancha de ojo, Bipolaris sacchari (E. J. Butler) Shoemaker, mancha de anillo, Leptosphaeria sacchari Breda de Haan, y mancha café, Cercospora longipes Butler.
Evaluación comercial cosecha y molienda: después de la evaluación agronómica y con un índice de madurez entre (0,95 y 1), se realiza el proceso de molienda de los materiales evaluados.
Análisis de laboratorio jugos y panela: muestra de caña para extracción de jugos y análisis de laboratorio.
Evaluación de pelusa: presencia o ausencia en el material evaluado.
Evaluación de Biomasa: los muestreos se harán a partir de los 45 días, después de emergencia, sobre 2 metros lineales y se pesaránn los tallos y las hojas; se picará cada componente por separado y se tomará una muestra de 400 a 500 g en sobres de papel y serán secadas en estufa, con flujo de aire constante, a 65°C durante 72 horas, Los muestreos posteriores a los 45 días consistirán en evaluaciones por órganos: el tallos, yaguas y hojas, tomando submuestras para llevar a estufa de secado.Se realizarán 8 muestreos en el tiempo hasta cosecha (se calculan, dependiendo de la altitud de siembra, muestreos secuenciales para obtener, al menos 8 puntos, que permitirán generar modelos matemáticos descriptivos, los cuales serán diferenciales por altitud, y cuyos coeficientes de crecimiento permitirán validar el posible comportamiento a nivel regional de las variedades en evaluación).

Índices de crecimiento
Con la información anterior se construirán los valores de tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y del índice de cosecha (IC).

Resumen ejecutivo

El proyecto busca evaluar el comportamiento agronómico de variedades de caña de azúcar para producción de panela en diferentes gradientes altitudinales, integrando análisis edáficos, climáticos y fisiológicos para optimizar la productividad. Se llevarán a cabo **análisis de suelo iniciales y finales**, así como mediciones periódicas de variables agronómicas y de crecimiento de las plantas.

Capítulos que se van a desarrollar

1. **Preparación del Terreno**:
   - Uso de labranza mínima para preservar la calidad del suelo.
   - Siembra de variedades en parcelas experimentales con densidades y distancias predeterminadas.
2. **Muestreo de Suelo y Análisis**:
   - Se realizarán muestreos iniciales y después de la cosecha para evaluar cambios en propiedades físicas (como estabilidad de agregados) y disponibilidad de nutrientes.
3. **Fertilización**:
   - Planificada según análisis de suelos, con dosis ajustadas a las necesidades específicas del cultivo.
4. **Manejo de Plagas**:
   - Liberación de controladores biológicos para plagas clave, como el barrenador del tallo (Diatraea spp.).
5. **Evaluaciones Agronómicas**:
   - Variables como altura de planta, diámetro de tallos, población de tallos, biomasa y contenido de sólidos solubles serán medidas a intervalos regulares según el cronograma.
6. **Monitoreo Climático**:
   - Instalación de estaciones meteorológicas equipadas con sensores para monitorear temperatura, humedad y contenido de agua en el suelo, generando una base de datos climática en tiempo real.
7. **Determinación del Rendimiento**:
   - El rendimiento se estimará a través de conteos y pesos de tallos, con análisis de toneladas de caña por hectárea (TCH) y conversión a toneladas de panela por hectárea (TPH).
8. **Evaluación de Biomasa y Materia Seca**:
   - Submuestras serán secadas para calcular contenido de materia seca y tasas de crecimiento absoluto (TCA), relativo (TCR) y del cultivo (TCC).
9. **Evaluación Comercial y Laboratorio**:
   - Análisis fisicoquímicos de jugos y panela (pH, brix, pureza, humedad) para identificar variedades con mejor rendimiento y calidad.

Resultados Esperados:

- Desarrollo de **curvas de madurez y crecimiento** para las variedades evaluadas.
- Identificación de variedades adaptadas a condiciones agroecológicas específicas, con alto rendimiento en TCH y TPH.
- Datos de biomasa, clima y crecimiento integrados en modelos descriptivos regionales.
- Propuesta de manejo técnico y comercial para optimizar la producción de panela.

Este enfoque multidimensional permitirá ajustar estrategias de manejo y selección de variedades para fortalecer la producción sostenible de caña de azúcar en zonas paneleras de Colombia.

Conclusiones
• Los modelos generados ofrecen una herramienta replicable para la evaluación de variedades en otras localidades paneleras. • Los resultados obtenidos tienen el potencial de transformar la productividad y sostenibilidad de los sistemas paneleros en Colombia, mediante la implementación de prácticas basadas en la evidencia científica.
Recomendaciones - Pasos a seguir
La información generada se puede utilizar para mejorar las recomendaciones técnicas en programas de extensión agrícola y fomentar la adopción de innovaciones tecnológicas en las zonas rurales.
Conclusiones
La información generada se puede utilizar para mejorar las recomendaciones técnicas en programas de extensión agrícola y fomentar la adopción de innovaciones tecnológicas en las zonas rurales.
• Evidencias: Sin evidencias adicionales

Tabla 49. Desarrollar protocolos iniciales de medición de incidencia y severidad de plagas (diatraea sp.) y enfermedades (roya naranja) y su relación con la oferta climática.

Campo
Componente
1
Eje
1
Actividad GCF: 1.5.1
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
Desarrollar protocolos iniciales de medición de incidencia y severidad de plagas (diatraea sp.) y enfermedades (roya naranja) y su relación con la oferta climática.
Justificación
Reconocimiento e identificación de insectos plaga y enemigos naturales asociados a caña de azúcar para panela en tres municipios priorizados de Boyacá y Santander - Línea base.
Antecedentes
El presente protocolo se enfoca en la recolección de información de experimentos en campo para evaluar la respuesta de materiales o genotipos a diferentes condiciones de estrés de tipo biótico asociado a hongos causante de enfermedades foliares y abióticos asociados con velocidad del viento, temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa y precipitación.
Metodología
En un transecto altitudinal con tres rangos bien diferenciados, se seleccionarán tres fincas (Figura 20) con cultivos de caña de azúcar para panela (ver ítem anterior), ubicadas en los municipios priorizados en los departamentos de Boyacá y Santander, en las cuales se establecerá la línea base, para determinar la incidencia de insectos plaga y enfermedades se hará énfasis en las dos épocas climáticas contrastantes (época lluviosa y época seca). En el caso de la cuenca del río Suarez la época lluviosa corresponde al periodo mayo-julio (o en su defecto el periodo comprendido entre septiembre y octubre). En estas localidades la época seca corresponde al periodo diciembre-febrero.

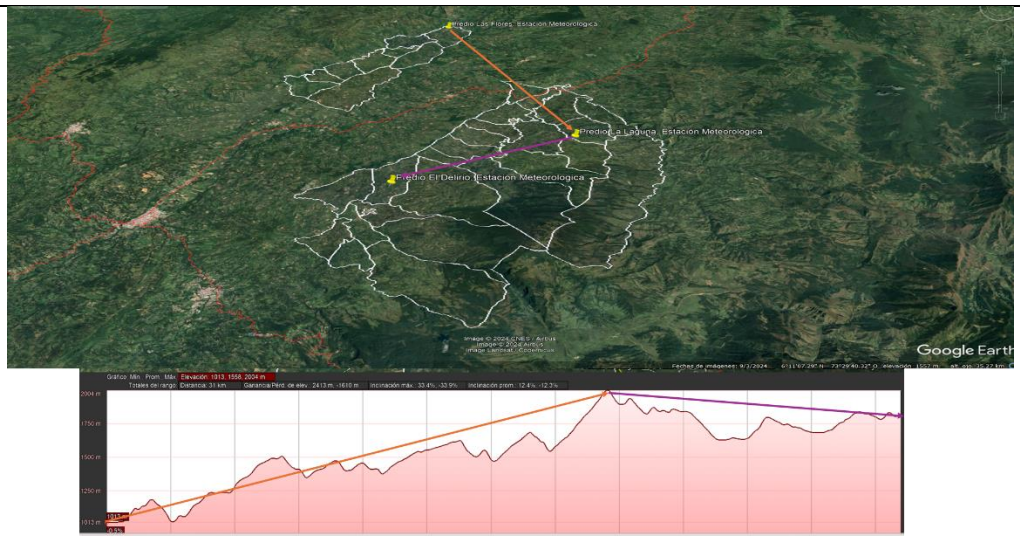


Figura 20. Transecto altitudinal entre San Benito (Santander) y Chitaraque (Boyacá) (línea naranja) y entre Chitaraque y Togüí (Boyacá).

Basados en el contexto fitosanitario al momento del inicio del experimento, se priorizarán los problemas fitosanitarios de mayor importancia, a los cuales se les hará seguimiento periódico para establecer su relación con factores bióticos y abióticos, en los siguientes años del proyecto. Para el seguimiento a los problemas sanitarios se hará seguimiento bimensual, haciendo énfasis en las estaciones secas y lluviosas. En este momento, el equipo científico del laboratorio de entomología de cultivos transitorios y agroindustriales de AGROSAVIA, está definiendo la mejor opción para dar inicio al experimento. Esto hace referencia a la edad de los cultivos de caña disponible en las tres fincas seleccionadas, una variable importante, ya que la variedad no importa, porque generalmente en los cultivos se encuentran mezclas.

En cada uno de los sitios seleccionados, es decir, a cada altura se instalará una estación meteorológica con sensores de marca PESSL (uMETOS, Weiz, Austria) con transmisión vía señal celular. Cada estación está compuesta por sensores de precipitación, temperatura del aire, humedad del aire, dirección del viento, velocidad del viento y radiación solar global. Además, en cada estación se contará con un sensor de humedad de suelo y otro de temperatura, los cuales serán instalados a 15 cm de profundidad. La estación toma datos cada 15 minutos y los transmite en tiempo cercano al real a través de un protocolo de transmisión GPRS. La estación mantiene su autonomía de funcionamiento (Toma y transmisión de datos) gracias a un sistema de baterías recargables conectadas a un pequeño panel solar ubicado junto a los sensores (Figura 21). Las estaciones se instalarán siguiendo, en gran medida, los protocolos establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (Guía de Instrumentos y Métodos de Observación OMM-No 8[14]). Esto garantizará que los datos meteorológicos provenientes de las estaciones y la información generada con ellas se podrá comparar con las de otras estaciones tipo estándar.

[14] https://library.wmo.int/viewer/68714/?offset=#page=27&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=

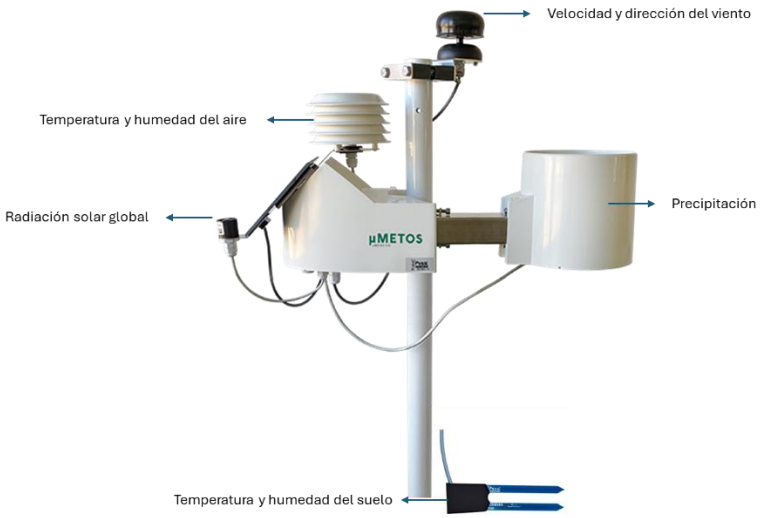


Figura 21. Estación tipo con sensores meteorológicos y de suelo a instalarse en cada punto de muestreo.

Las estaciones serán instaladas de tal forma que los datos meteorológicos sean representativos de los lotes de caña de azúcar para panela en los que se harán las colectas y observaciones de insectos plagas y benéficos. En este caso se ha sugerido la distancia mínima de 120 m entre la estación y el lote. La estación se instalará previa firma de un acuerdo de voluntades con el propietario del terreno donde se alojará el sistema de medición y después de la construcción de un cerramiento tipo Cenicafé de 2m x 2m y 2,2 m de altura, que garantice la seguridad de cada uno de los componentes de la estación. De acuerdo con la experiencia y resultados de las investigaciones de Agrosavia en la cuenca del río Suarez, la principal plaga corresponde al complejo de barrenadores del tallo del género *Diatraea* spp. Otros insectos que se han encontrado esporádicamente pero que merecen ser estudiados son: salivazo *Aenolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), hormiga loca *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae) en simbiosis con la cochinilla rosada *Saccharicoccus sacchari*, picudo rayado *Methamasius hemipterus* y picudo negro *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) y cucarrón de invierno *Podischnus agenor* (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae).

Protocolo por complejo

Barrenadores del tallo: Se realizarán muestreos dirigidos a la recolección manual de larvas del género *Diatraea* spp y otros barrenadores, en cultivos de caña joven (<6 meses) y maduras (> de 12 meses), con un esfuerzo de muestreo de 2 horas/hombre. Los insectos recolectados se mantendrán dentro de la caña y serán trasladados al laboratorio de Entomología del CI Tibaitatá dentro de cajas sello plus, para el seguimiento y posterior determinación de especies plaga y enemigos naturales asociados, siguiendo la metodología utilizada por Agrosavia desde 2014 (Barreto-Triana et al 2022[15]). Para el transporte de las muestras de inmaduros de *Diatraea* spp hasta el laboratorio se colocarán las cañas cerradas en cajas sello plus con una servilleta en el fondo y otra encima, las muestras se dispondrán en una nevera de icopor grande para su envío a laboratorio. En laboratorio, bajo condiciones controladas

[15] Barreto-Triana, N., Osorio-Mejía, P., Insuasty Burbano, O., Sarmiento-Naizaque, Z., Sandoval-Cáceres, Y., Barona-Rodríguez, A., Jiménez-Vargas, J., & Gómez-Benavides, J. (2022). Conozca a sus aliados para el manejo del barrenador Diatraea spp. en caña de azúcar para panela. Bogotá, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- Agrosavia

de temperatura y humedad (27ºC ± 2; 50% ± 10 H.R. y fotoperíodo 12hO: 12hL) se individualizarán los insectos recolectados y colocarán en dieta merídica o dieta natural según sea el caso. Una vez se obtenga el estado de adulto de los individuos plaga, se hará la determinación de especies mediante claves taxonómicas y comparación con especímenes depositados en la Colección Taxonómica Nacional "Luis Maria Murillo" y demás colecciones de referencia (Barreto-Triana et al 2022). Para determinar los niveles de incidencia de barrenadores, se seguirá la metodología de Vargas y Gómez (2005[16]) y Tarazona (2011[17]). En cultivos de caña, próximos a cosecha o mayores a 15 meses de edad, se tomarán al azar 20 tallos en los cuales de determinará el porcentaje de incidencia o infestación (%I) y el porcentaje de intensidad de infestación (% I.I). El (%I) se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\%I = \frac{N° \ tallos \ afectados}{N° \ Tallos \ revisados} * 100$$

(%I) de Infestación = No. de tallos afectados / No. de tallos revisados X 100. Para la intensidad de Infestación (%I.I.), en cada caña se contará el número total de entrenudos y número de entrenudos barrenados en cada tallo evaluado de la muestra; haciendo dos cortes longitudinales opuestos para observar presencia de daño causado por *Diatraea* spp. u otros barrenadores y posteriormente se calculará el porcentaje de intensidad de infestación (% I.I.) mediante la siguiente fórmula:

$$\%I.I. = \frac{N° entrenudos \ barrenados}{N° \ entrenudos \ totales} * 100$$

Los valores obtenidos de (%I.I.), se compararán con la escala de daño propuesta por Pinto (1990), para caña de azúcar para panela, con el objetivo de establecer el promedio de pérdidas por zona.

Reconocimiento de enemigos naturales del complejo de barrenadores

En el Laboratorio de Entomología del CI Tibaitatá, en condiciones controladas de temperatura (25°C) y de humedad del aire (50%), (Corpoica, 2014), se realizarán observaciones diarias de las larvas de barrenador para identificar síntomas característicos de parasitismo. Por ejemplo, cambios morfológicos externos (coloración inusual, presencia de abultamientos o costras), cambios en el comportamiento (inmovilidad, larvas que dejan de alimentarse y salen del sustrato), muerte del individuo y presencia de larvas, pupas, capullos y adultos de parasitoides (moscas o avispas). A partir de los adultos de los parasitoides obtenidos de las larvas de Diatraea o de otros barrenadores recolectados, se realizará la determinación mediante claves taxonómicas y se efectuarán comparaciones con especímenes de la Colección Taxonómica Nacional de Insectos Luis María Murillo, ubicada en el C.I. Tibaitatá (Sarmiento et al, 2021[18]).

[16] Vargas, G. y Gómez, L. (2005). Evaluación del daño causado por Diatraea spp. en caña de azúcar y su manejo en el Valle del río Cauca. CENICAÑA: http://www.cenicana.org/pdf/serie_divulga tiva/sd_09/sd_09.pdf

[17] Tarazona, G. 2011. Manejo fitosanitario del cultivo de caña panelera. Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.Bogotá, D.C. Colombia. 48 p. https://www.ica.gov.co/getattachment/6a54658e-1723-488d-a7ab-2f4baad793cb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-cana-panele.aspx

[18] Sarmiento Z. X., Sarmiento, C. E.; Barreto-Triana, N. 2021. Parasitoides, Braconidae (Hymenoptera) y Tachinidae (Diptera) de barrenadores, Crambidae y Coleophoridae (Lepidoptera) de caña de azúcar para la producción de panela en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 47 (2): e10558. https://doi.org/10.25100/socolen.v47i2.10558

Salivazo
Para el muestreo de adultos se utilizarán trampas de plástico amarillo de 60cm x 40cm, impregnadas, por ambas caras, con pegante para insectos y colocadas a una altura de 30-50cm de la superficie del suelo. Se instalan dos trampas por lote, las cuales se ubicarán en los bordes. Las trampas se revisan semanalmente para determinar la presencia del insecto, así como para contar y registrar el número de individuos presentes (Bustillo, 2013). El muestreo de ninfas y adultos se realizará tomando dos puntos de observación por hectárea. En cada punto se selecciona una cepa (o un metro lineal) al azar en donde se cuenta el número de adultos, el número de salivas y el número de tallos (Bustillo, 2013). La combinación de estas dos formas de monitoreo permite determinar los niveles de población en trampa pegajosa amarilla y los niveles de salivas por tallo. Cuando alguno de los indicadores muestra incremento se definen las acciones de control. (Bustillo, 2013).

Hormiga loca: Para establecer la presencia de la hormiga, se utilizarán trampas con salchicha siguiendo la metodología de Gomez et al, 2002, citada por Bustillo (2013).

Cochinilla rosada: Se hará muestreo directo sobre tallos de caña, y tomando muestra de individuos que serán colocados en viales con alcohol al 70%, para su posterior conteo e identificación en laboratorio.

Picudos: Al rededor del lote después de cosecha se colocarán trampas elaboradas con guadua y dentro se colocan trozos de caña fermentada para atraer adultos.

Cucarrón de invierno: De acuerdo con la metodología descrita por Bustillo (2013), se hará muestreo directo de 20 tallos haciendo recorrido por el borde del lote (por cada lado en tres sitios diferentes) en busca de adultos o su daño. Una vez se haya determinado la incidencia de cada organismo, se priorizarán las principales plagas (mayor incidencia), para su seguimiento bimensual, con el fin de desarrollar un modelo predictivo que explique su dinámica y permita tomar decisiones para su manejo y control. Así mismo, con el fin de preservar la biodiversidad y basado en estudios de (Barreto-Triana et al 2022 y Sarmiento et al, 2021), se evaluará el papel de las arvenses y frente a la diversidad en el sistema productivo de caña de azúcar para panela. Papel de las arvenses, cercas vivas y relictos de bosque en el sostenimiento de la diversidad funcional en los cultivos de caña de azúcar para panela.

Arvenses : Con base en la metodología propuesta en Rivera (2019[19]) para cultivos de caña de azúcar en el Valle del rio Cauca, se establecerán dos cinturones de vegetación en las fincas seleccionadas para el estudio. Uno de los cinturones se denominará tratamiento "con arvenses" en el cual se espera encontrar las plantas que han sido identificadas como refugio de los organismos benéficos (Barreto-Triana et al 2022) y el otro "sin arvenses", en el que se realizarán podas hasta eliminar la vegetación herbácea sobresaliente. Para evaluar la presencia de insectos atraídos por las arvenses. Se establecerán parcelas de observación en ambos tratamientos, se asperjará solución de miel para atraer la fauna de interés y 20 min después de la aplicación se realizará el registro de los insectos con un tiempo de evaluación de 10 min por parcela. Se realizarán algunas capturas con red entomológica y se colectarán muestras de plantas arvenses. Las muestras de trasladarán al Laboratorio de Entomología del CI Tibaitatá, para su clasificación e identificación. En caso de registrar especies que no sea posible determinar, se remitirán al Laboratorio Nacional de Diagnóstico fitosanitario del ICA o a especialistas y las muestras botánicas al Herbario Nacional Colombiano para su determinación.

[19] Rivera, L. (2019). Franjas de vegetación natural dentro del paisaje cañero como estrategia para aumentar servicios ecológicos. Tesis para optar por el título de doctor en ciencias. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 183 p.

Se analizará la abundancia de los insectos atraídos y de los enemigos naturales presentes en los cinturones de vegetación usando modelos lineales generalizados y se emplearán análisis de varianza para evaluar diferencias de los tratamientos en las abundancias muestreadas.

Cercas vivas y relictos de bosque: Para evaluar el efecto de los bosquetes y la vegetación riparia sobre la biodiversidad funcional, se evaluarán grupos funcionales, por ejemplo, los polinizadores, los descomponedores y los depredadores. Un ecosistema con alta biodiversidad funcional puede adaptarse a cambios ambientales y perturbaciones, como el cambio climático o la introducción de especies invasoras. Esto se debe a que la redundancia funcional (varias especies que realizan funciones similares) puede compensar la pérdida de algunas especies. Se harán observaciones de diversidad funcional de insectos en transectos lineales que cubren desde zonas de alta densidad de vegetación hasta zonas de monocultivo de caña, aprovechando las diferencias encontradas a escala espacial en el territorio (Figura 22).

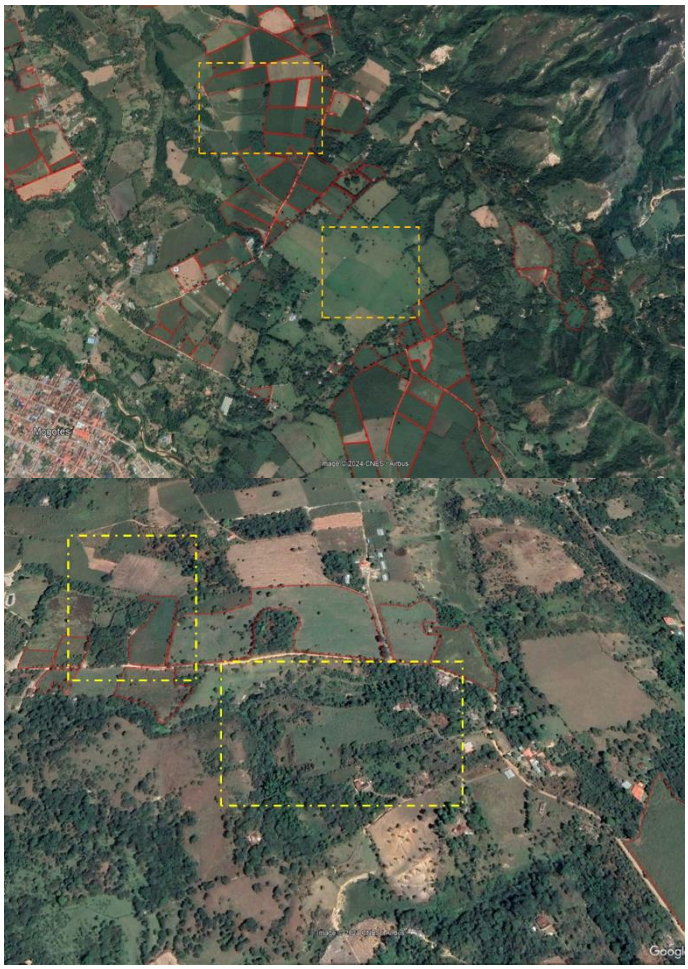


Figura 22. Paisaje cañero en el municipio de Mogotes. Se tienen zonas con lotes en monocultivo, alejado de la vegetación arbórea (arriba) y lotes inmersos en medio de la fronda de árboles y arbustos (abajo).

Sobre un transecto lineal de 100 m, que cubrirá una franja de 5m de ancho se realizarán capturas con red entomológica cada 10m durante época seca y época lluviosa en lotes de caña. En cada muestreo, además de las

capturas con red se tomarán datos de radiación UV tipo A y Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) en cada uno de los puntos definidos para la colecta (Puntos azules en la Figura 23). Estos datos se tomarán con sensores de tipo portátil de marca APOGEE (Logan, Utah) utilizando dispositivos para lectura directa de referencias PU200 (Sensor de UVA) y DLI400 (Sensor RFA). Las muestras de trasladarán al Laboratorio de Entomología del CI Tibaitatá, para su clasificación (dentro de un grupo funcional) y determinación de abundancia relativa de especies dentro de grupos funcionales y diversidad de caracteres dentro de grupos funcionales (Martín-López et al., 2017[20]). El análisis procurará determinar el efecto de la vegetación (abundancia de especies por metro cuadrado) sobre las dos variables definidas para caracterizar la abundancia de grupos funcionales (Figura I).

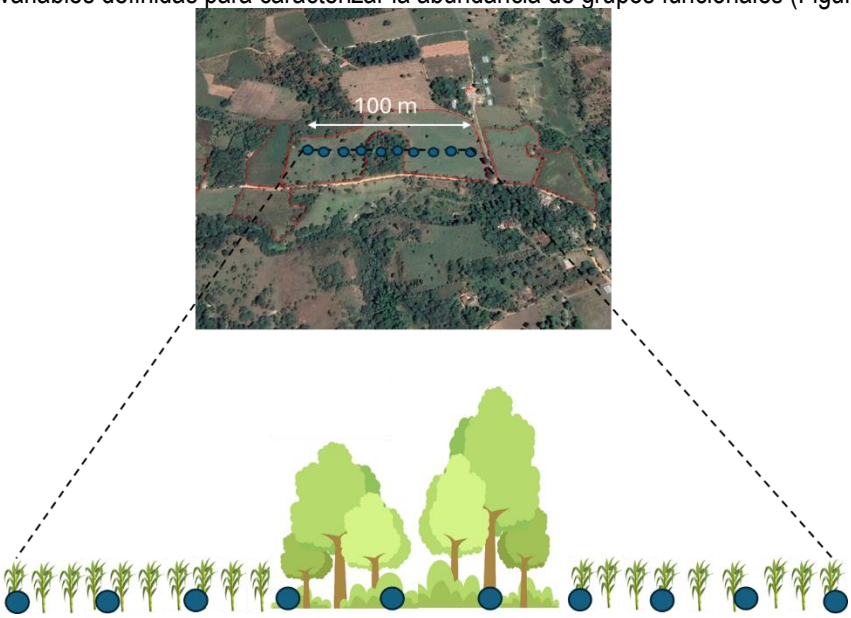


Figura 23. Transecto lineal a través de un gradiente de vegetación para determinación de diversidad funcional de insectos en un lote de producción de caña para panela.

Para analizar el efecto del clima sobre sobre las variables de la abundancia de insectos se utilizarán modelos SARIMA (metodología Box-Jenkins) para determinar la existencia de efectos estacionales en las variables bióticas y meteorológicas y modelos lineales generalizados para verificar la influencia de las variables climatológicas en la abundancia de insectos (Constantino et al., 2024[21]). Se analizarán variables meteorológicas a escala diaria para determinar el comportamiento del clima en cada altitud. Las variables de escala diaria se llevarán a la escala semanal y mensual reportando para estos periodos de tiempo variables de interés biológico, como, por ejemplo, máxima temperatura del aire, máximo valor de humedad relativa, máxima precipitación en un día, máximo número de días consecutivos con lluvia, máxima cantidad de horas consecutivas con lluvia, máxima ráfaga de aire, máxima radiación global en un día, valores medios de las variables antes mencionadas y mínima temperatura del aire, mínimo valor de humedad relativa, máximo número de días consecutivos sin lluvia, máxima cantidad de horas consecutivas sin lluvia, porcentaje de calmas, mínima radiación global.

[20] Martín-López, B.; González, J.A.; Díaz, S.; Castro, I.; García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. Ecosistemas, vol. 16, núm. 3, 2007, pp. 68-79

[21] Constantino, L. M., Peña, A. J., Ramírez, C., Imbachi, L. C., & Benavides, P. (2024). El clima y su relación con la dinámica poblacional y dispersión de la broca del café Hypothenemus hampei en un gradiente altitudinal en la cuenca del río Risaralda, Caldas, Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 50(1). https://doi.org/10.25100/socolen.v50i1.12946

Metodología para el monitoreo en campo de enfermedades foliares asociadas al cultivo de caña para la producción de panela

Se describe el paso a paso para realizar el monitoreo en campo de hongos fitopatógenos causantes de las principales enfermedades foliares en caña para panela en las unidades experimentales establecidas por Agrosavia en el marco del proyecto de Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS), previo al establecimiento y durante los primeros 6 meses de establecido, ya que corresponden con la etapa de mayor de susceptibilidad a esta clase de enfermedades. El monitoreo se realizará mediante dos métodos: por medio del emplazamiento de trampas pasivas para la captura de esporas y monitoreo directo en planta. Para un mejor entendimiento de lo que se expone, se deben considerar las siguientes definiciones: Enfermedades en plantas: Las enfermedades de las plantas se definen como el estado de funcionamiento fisiológico anormal, local o sistémico, de una planta, como resultado de la interacción continua y prolongada de organismos fitopatógenos (Agrios, 2005). Organismos fitopatógenos: Dentro de los organismos fitopatógenos se pueden incluir hongos, bacterias, nematodos, virus y todo tipo de organismos biológicos que pueden causar enfermedad, como resultados de su establecimiento y colonización completa o parcial de las plantas, ocasionando una reducción significativa en la productividad, la calidad e incluso la viabilidad de estas. Monitoreo: Observación del comportamiento de una o más variables de respuesta para determinar su comportamiento a través de un tiempo determinado. Puede llevarse a cabo mediante observación directa o indirecta, en el caso de las plantas, por ejemplo, a partir de herramientas como estaciones meteorológicas, visita directa a los cultivos o colectas indirectas como por ejemplo trampas de esporas. Etapa de desarrollo fenológico: Corresponden momentos específicos del ciclo de vida de las plantas, definidos por una sucesión de cambios en la morfología y fisiología. Para el caso de la caña para panela, estas etapas de desarrollo se encuentran representadas con base a la estructura y desarrollo de su dosel, debido a que es a partir de los órganos vegetativos se obtiene la cosecha. Se evidencian 4 etapas principales: brotación, macollaje, desarrollo del dosel y maduración (Figura 24).

Trampas pasivas de esporas: Dispositivos estáticos que permiten sobre una superficie adherente captura y cuantificar esporas de hongos (tanto cultivables como no cultivables) presentes en el aire. Enfermedades foliares fúngicas: Desarrollo de síntomas como tizones, clorosis o manchas localizadas ocasionadas como consecuencia de la colonización y multiplicación de un hongo en la lámina foliar de las plantas, que al ocupar un porcentaje superior al 50% de la hoja pueden reducir la taza fotosintética de la planta y bajar su rendimiento en cosecha. Por lo general, los patógenos asociados a este tipo de enfermedades no colonizan de manera sistémica a la planta y se dispersan por salpicadura y corrientes de aire que permiten la dispersión de sus propágulos.

Mancha de anillo: Enfermedad ocasionada por el hongo Leptosphaeria sacchari (Breda de Haan). En sus etapas de desarrollo temprano, las lesiones son de color rojizo, pequeñas; en etapas avanzadas aumentan de tamaño, y el centro de la lesión adquiere un color café como resultado de la senescencia del tejido y cada lesión se rodea por un anillo café-rojizo (Figura 25).

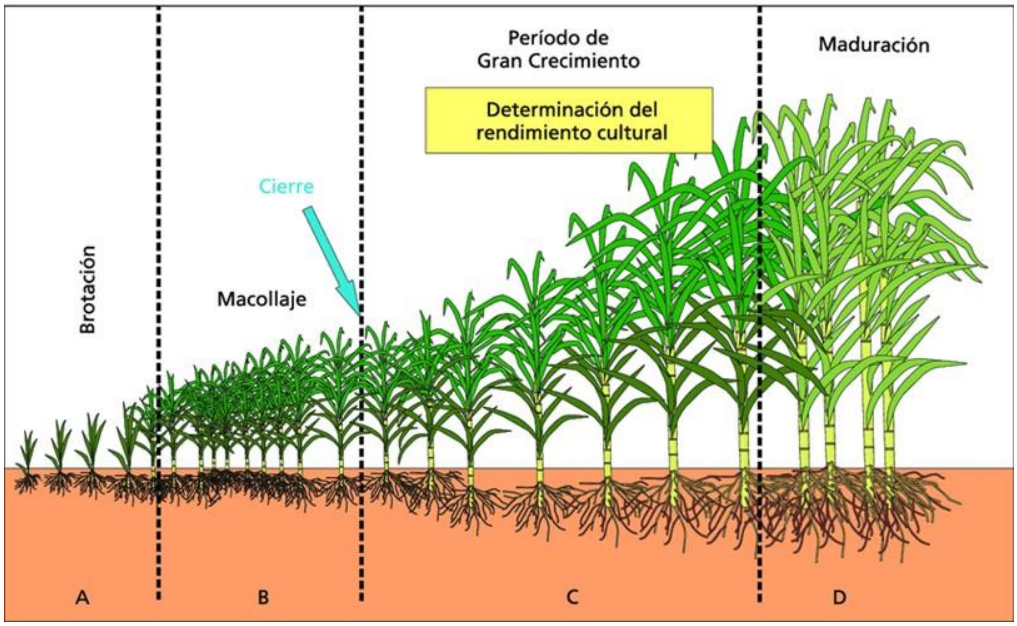


Figura 24. Etapas de desarrollo de la caña. Tomado de Romero E., et al., 2009.

Figura 25. Síntomas foliares de la mancha de anillo. Foto por Ayda Fernanda Barona

Mancha de ojo: Enfermedad ocasionada por el hongo Bipolaris sacchari ((E.J. Butler) Shoemaker). Los síntomas observables de esta enfermedad son manchas pequeñas, que aparecen en las hojas más jóvenes. Las manchas se vuelven más alargadas, asemejándose a la forma del ojo y se vuelven de color café. Finalmente, la parte central de las manchas se vuelve de color marrón rojizo rodeada de tejido de color pajizo (Figura 26).

Figura 26. Síntomas foliares de la mancha de ojo. Foto por Ayda Fernanda Barona

Roya naranja: Causada por el hongo Puccinia kuehnii (W. Krüger) E.J. Butler. Las lesiones causadas por la infección del hongo se observan principalmente en el tercio medio de las plantas. Cuando inicia la enfermedad se evidencian manchas de tonalidad verde pálido a amarillo de forma ovalada que pueden observarse por los dos lados de las hojas. Posteriormente las lesiones aumentan de tamaño y se tornan de color anaranjado por el envés de la hoja. Cuando se producen altos niveles de enfermedad las lesiones se unen el hongo esporula y se dispersa por corrientes de viento a plantas sanas (Figura 27).

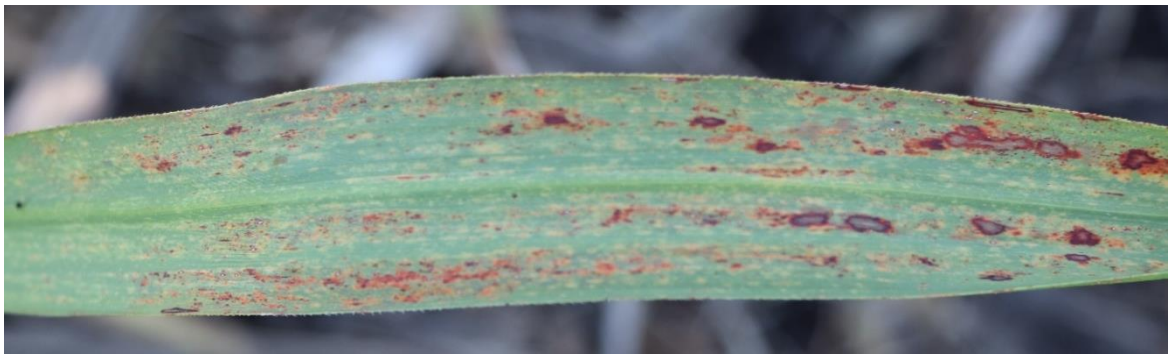


Figura 27. Síntomas foliares de la roya naranja. Foto por Ayda Fernanda Barona

Roya café: Enfermedad causada por el hongo Puccinia melanocephala (H. Sydow et Sydow). Los síntomas de la roya café son pequeñas manchas amarillentas alargadas, visibles por ambos lados de la hoja. En las hojas aparecen pústulas, principalmente en el envés y paralelas a la nervadura central, que rápidamente dejan libres las esporas para ser diseminadas por el viento, las lesiones se forman grandes áreas de color café oscuro que ocasionan secamiento de la hoja (Figura 28).

Figura 28. Síntomas foliares de la roya café. Foto por Ayda Fernanda Barona

Materiales, equipos e infraestructura

Los materiales requeridos para realizar el monitoreo de la presencia de estos hongos y sus poblaciones a través de las primeras etapas de desarrollo del ciclo productivo de caña para panela en las unidades experimentales son los siguientes:

Tabla No. 7. Materiales evaluación Hongos.

Materiales	Equipos	Infraestructura
Escala de evaluación visual en campo de enfermedades producida por Cenicaña	Estaciones meteorológicas. Una por cada unidad experimental (ver plagas)	Instalaciones laboratorio
Tabla en físico o en medio digital para registro de datos.	Prototipo de trampa de colecta pasiva de esporas (Sagarpa). Una por cada unidad experimental	
Tijeras podadoras	GPS	
Regla	Microscopio	
Lupa entomológica		
Laminas porta objetos		
Fucsina		
Azul de metileno		
Azul de tripán		
Cinta autoadhesiva doble cara		
Vaselina		

Reactivos e insumos

Se requiere incluir servicio de análisis químico foliar para cada etapa de desarrollo fenológico del cultivo.

Resumen ejecutivo

En un transecto altitudinal con tres rangos diferenciados, ubicado en los departamentos de **Boyacá** y **Santander**, se seleccionarán tres fincas con cultivos de caña de azúcar para panela para establecer una línea base fitosanitaria. El estudio prioriza la incidencia de plagas y enfermedades en dos épocas climáticas: lluviosa (mayo-julio o septiembre-octubre) y seca (diciembre-febrero).

Capítulos que se van a desarrollar
1. **Estaciones Meteorológicas**: ○ Se instalarán estaciones meteorológicas (uMETOS) en cada finca para monitorear variables climáticas como temperatura, humedad, radiación solar y precipitación. Estas estaciones tomarán datos cada 15 minutos y transmitirán información en tiempo real. 2. **Muestreo de Plagas y Enfermedades**: ○ Se realizará un seguimiento bimensual de las principales plagas como **barrenadores del tallo (Diatraea spp.)**, salivazo, hormiga loca, cochinilla rosada, y cucarrón de invierno. ○ Métodos específicos incluyen trampas de captura, muestreos dirigidos y análisis en laboratorio para la identificación de especies plaga y enemigos naturales asociados. 3. **Monitoreo de Enfermedades Fúngicas**: ○ Se evaluarán enfermedades como roya naranja, roya café, mancha de anillo y mancha de ojo, usando trampas pasivas para esporas y observación directa en campo durante las primeras etapas del cultivo. 4. **Evaluación del Papel de la Vegetación Auxiliar**: ○ Se estudiará la función de arvenses, cercas vivas y relictos de bosque en la biodiversidad funcional, midiendo su impacto en la población de insectos benéficos y polinizadores en los cultivos. 5. **Monitoreo Climático y Modelos Predictivos**: ○ Se analizarán variables meteorológicas para desarrollar modelos SARIMA que expliquen la dinámica estacional de plagas y enfermedades en relación con las condiciones climáticas.
Conclusiones
1. **Base Fitosanitaria**: Un diagnóstico inicial de las principales plagas y enfermedades de los cultivos de caña de azúcar para panela en la región. 2. **Modelos Predictivos**: Herramientas para predecir la incidencia de plagas y enfermedades en función de las condiciones climáticas. 3. **Estrategias de Manejo Integrado**: Información para el manejo sostenible de plagas y enfermedades, promoviendo la conservación de la biodiversidad y el uso de enemigos naturales. 4. **Impacto de la Vegetación Auxiliar**: Evidencia del rol de la vegetación auxiliar en la sostenibilidad y resiliencia del ecosistema cañero.
Recomendaciones - Pasos a seguir
El estudio proporcionará bases científicas para tomar decisiones efectivas en el manejo fitosanitario, mejorando la productividad de los cultivos de caña para panela en zonas clave de Colombia.
Evidencias - anexos

Tabla 50. Documentos de investigación Establecer la metodología para registrar la información primaria y secundaria relacionada con las capacidades, necesidades y oportunidades de Fedepanela

Componente
3
Eje
5
Actividad GCF subactividad 2.1.1
Activity GCF 3.1.1 Strengthen gremios capacities to use digitally enabled tools that improve the provision of services to farmers with emphasis on profitable production system that also reduce GHG emissions and increase climate-resilience Actividad POA 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Metodológico y diagnóstico
Objetivo
Establecer la metodología para registrar la información primaria y secundaria relacionada con las capacidades, necesidades y oportunidades de Fedepanela en la gestión del clima, esto en el marco de la subactividad 2.1.1 Fortalecer las capacidades de gremios para utilizar herramientas habilitadas digitalmente que mejoren la prestación de servicios a los agricultores con énfasis en un sistema de producción rentable que también reduzca las emisiones de GEI y aumente la resiliencia climática.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático y subactividad 2.1.1. que se realizan de manera coordinada entre ALIANZA BIOVERSITY-CIAT, FEDEPANELA (Federacion Nacional de Productores de Panela) y AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).
Antecedentes
Dados los objetivos del proyecto y su componente 3, con esta actividad se contribuye al fortalecimiento de capacidades de FEDEPANELA para reconocer el estado actual del gremio en cuanto a gestión del clima. Esto con énfasis en los temas priorizados en el proyecto con enfoque de cambio climático: a. agricultura digital, b. mejoramiento genético, c. uso eficiente del agua, d. reducción de Gases de Efecto Invernadero - GEI, e. biodiversidad y gestión de residuos, f. mercados inclusivos, g. integración de servicios financieros, h. servicio de extensión. y todos los aspectos temáticos que se han priorizado en el proyecto. Aun cuando el entregable de AGROSAVIA según el POA y convenio indicaba un *Documento técnico con la metodología consolidada y ajustada que incluye los aportes de FEDEPANELA, ALIANZA y AGROSAVIA y el codiseño del plan para "Evaluar las capacidades, oportunidades y necesidades de FEDEPANELA para responder a las demandas de los agricultores en cuanto a gestión del clima y de sus efectos";* la metodología de trabajo fue elaborada por CIAT considerando que se adelantó el mismo ejercicio con las demás especies priorizadas y aliados del proyecto. El aporte de AGROSAVIA consistió en coordinar el encuentro con el gremio y apoyar la ejecución de un taller basado en preguntas orientadoras, para luego realizar el análisis y establecer el documento base o DIAGNÓSTICO DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE PANELA - FEDEPANELA PARA LA GESTIÓN DEL CLIMA (GC).
Metodología

Diseño metodológico de la actividad 3.1.1. *Fortalecer las capacidades de los socios para utilizar herramientas habilitadas digitalmente que mejoren la prestación de servicios a los agricultores con énfasis en un sistema de producción rentable que también reduzca las emisiones de GEI y aumente la resiliencia climática.*

Esta actividad busca apoyar los esfuerzos de los socios para mejorar la gestión del cambio climático a través de sus modelos de extensión y transferencia de conocimientos, mediante el uso, entre otras cosas, de herramientas digitales para aumentar la comprensión y brindar una respuesta más adecuada a las demandas de los agricultores, al tiempo que fortalecen los procesos de asignación de recursos para brindar servicios a los agricultores. Esta actividad se realizará mediante el desarrollo de dos subactividades iniciales, enfocadas en:

1) Una evaluación inicial de capacidades, necesidades y oportunidades de los socios para asignar recursos y responder a las demandas de los agricultores en relación con la gestión del clima.
2) El codiseño de planes de implementación para que los socios puedan asignar recursos y responder a las demandas de los agricultores en relación con la gestión del clima. Estos planes deberán tomar como base la información recogida en la evaluación mencionada en la anterior subactividad.

Cabe mencionar que, si bien estas actividades están enmarcadas en la etapa de implementación del proyecto, por su propósito de fortalecer capacidades y su carácter participativo también son consideradas como claves para mantener los resultados en el largo plazo. De hecho, según PM4NGOs (2022), que establece estándares para la gestión de proyectos de desarrollo y humanitarios, la participación de las partes interesadas es el eje rector para que un plan de sostenibilidad[22] sea relevante, puesto que ayuda a identificar brechas, promueve el involucramiento de los interesados, los motiva a mantener los resultados, y favorece el fortalecimiento de capacidades en quienes se harán cargo de las actividades cuando el proyecto haya terminado.

Además, PM4NGOs resalta que uno de los principales obstáculos para obtener resultados perdurables en el tiempo es que con frecuencia solo se suele pensar en este tema cuando el proyecto está cerca de su finalización; no obstante, este aspecto debería ser contemplado durante las etapas de definición, planificación, implementación y cierre; especialmente en el sector de desarrollo, en donde el cierre de un proyecto "se caracteriza con mayor precisión, como una fase de transición" (p. 159), en este caso, posiblemente hacia iniciativas de producción rentable que tengan en cuenta la resiliencia climática y que estén lideradas por los socios.

Teniendo en cuenta lo anterior, este documento presenta una metodología que buscará identificar y fortalecer elementos claves en tres áreas de trabajo en los socios: los procesos de extensión, de transferencia de conocimiento, y la asignación de recursos, a partir de un proceso de análisis y planificación participativa de acciones en el que los mismos socios puedan identificar sus necesidades y prioridades, pero también la manera cómo pueden contribuir mejor a un sistema de producción más rentable, con menos emisiones de GEI y con mayor resiliencia climática.

[22] Aquí sostenibilidad equivale a que el proyecto y sus resultados continúen después de que este haya terminado.

Diseño metodológico para el desarrollo de la subactividad 1: Evaluación de las capacidades y necesidades de los socios, así como de oportunidades para informar mejor su asignación de recursos (humanos, financieros) para responder a las demandas de los agricultores y ayudarlos a gestionar el clima.

Tal como se mencionó en el apartado anterior, el eje central de la metodología propuesta será la participación; no obstante, es importante aclarar que existen distintos niveles de participación. Geilfus (2002/2017) plantea una escalera de participación constituida por siete peldaños: 1) pasividad, 2) suministro de información, 3) participación por consulta, 4) participación por incentivos, 5) participación funcional, 6) participación interactiva, y 7) autodesarrollo. En los primeros cuatro peldaños las personas son escuchadas, pero sus opiniones no inciden en las decisiones tomadas. En el quinto no son partícipes de la formulación, pero se les toma en cuenta en los procesos de monitoreo y ajustes; en el sexto peldaño la participación es sostenida a lo largo de todo el proyecto y hay una toma de control progresiva por parte de ellos; y en el séptimo las iniciativas son completamente autogestionadas.
Para esta subactividad, la metodología se situará en el nivel 5 de la escalera de Geilfus. Para la fase de recolección de información los socios serán informantes claves y verificadores del análisis de resultados. Solo de esta manera se podrá garantizar que los insumos para el plan de implementación y el diseño de los mecanismos de retroalimentación (subactividades 2 y 3 de la actividad 3.1.1.) sean relevantes y se ajusten a las necesidades y expectativas de quienes serán responsables de implementar las acciones durante la ejecución del proyecto y en el futuro.

Por otro lado, como base teórica, Horton et al. (2008) señalan que "en una organización, el desempeño es influido por su capacidad, por su ambiente interno y por el ambiente externo en que ella funciona" (p. 23). El PNUD (2008), plantea categorías similares en sus niveles de abordaje (denominados para ellos entorno, organizaciones y personas), pero además advierte que estos factores son considerados interdependientes y complementarios; por lo que es casi imposible evaluar capacidades en un solo nivel.

A su vez, Horton et al.(2008) indican que la capacidad de una organización está determinada por sus **recursos básicos**, entre los cuales se encuentran el personal, la infraestructura física, la tecnología y los recursos financieros; y la **capacidad administrativa,** que toma en cuenta factores como el liderazgo estratégico, el manejo de programas y procesos, y las redes o vínculos con otras organizaciones. No obstante, hacen alusión a otro tipo de capacidades relevantes para un proyecto enfocado en la resiliencia climática, las **capacidades adaptativas**, que son aquellas "necesarias para que la organización reconozca las circunstancias que cambian y cambie en respuesta a ellas" (Horton et al., 2008, p. 29). Así pues, para el desarrollo de la subactividad 1 se pretende desarrollar una metodología que se centre en las capacidades y fortalezas organizativas de los socios con respecto a sus recursos básicos, capacidades administrativas y adaptativas, pero que también tome en cuenta algunos factores clave de la relación con su entorno y con sus afiliados, que puedan llegar a influir en la manera como el socio ayuda a sus agricultores y ganaderos para gestionar el clima y sus desafíos. Una precisión muy importante es que el fin último de este proceso es reconocer las capacidades, oportunidades necesidades de los socios para responder a las demandas de los agricultores en relación a la gestión del clima; por eso, se usará un enfoque de autoevaluación puesto que se ha identificado que este puede soportar mejor los ejercicios futuros de fortalecimiento de capacidades, al ayudar a que las personas que hacen parte de la organización puedan ganar un conocimiento más profundo sobre lo que está funcionando bien, por qué está funcionando bien, y en qué áreas necesitan mejoras (Horton et al., 2008). Para facilitar la triangulación de la información recolectada se revisará información secundaria. Un último aspecto a destacar, es que esta metodología no pretende analizar cada uno de los tipos de capacidades de manera exhaustiva; más bien pretende basarse en diálogos que puedan dar cabida a resultados en cualquiera de las categorías de capacidades. De esta manera, cada socio será libre de señalar solo las categorías que sean relevantes para reconocer sus fortalezas y desafíos en cuanto a la gestión del clima.

El levantamiento de información primaria será de tipo cualitativo, por lo cual se construirán cuestionarios con preguntas abiertas que permitan perfilar, desde la recolección de información, las prioridades de los socios con respecto a sus capacidades, fortalezas y oportunidades. Por tal razón, los cuestionamientos se basarán en categorías generales de análisis para evitar sesgos y solo incluirán preguntas específicas en caso de que los facilitadores (Agrosavia y la Alianza Bioversity & CIAT) lo consideren fundamental para evitar el riesgo de que alguna información crucial no sea mencionada proactivamente durante los ejercicios de recolección de información primaria. En todo caso, se buscará que estas preguntas específicas se realicen hacia el final de cada categoría de análisis para no direccionar las respuestas previas.

Se espera que algunos representantes del ente administrativo puedan participar en la evaluación a través de entrevistas semiestructuradas, y que a través de la técnica de grupos focales también puedan tenerse en cuenta las opiniones de voceros de los extensionistas y los productores. Las entrevistas a realizar dependerán de los instrumentos que se diseñen (y de las personas que cuenten con la información requerida) y las personas que designen los socios para participar en ellas dada su idoneidad en el tema a tratar, mientras que los participantes de los grupos focales serán convocados por los socios, ojalá bajo un proceso de selección aleatorio para evitar sesgos. Para el desarrollo metodológico se propone un plan de cinco etapas:

Etapa 1: Primeras aproximaciones a los contenidos de evaluación, que sirvan para la elaboración de los instrumentos y métodos de recolección de información primaria. En esta etapa se pretende avanzar en la creación de los cuestionarios a partir de información secundaria y de preguntas que puedan surgir en el diálogo exploratorio con algunos socios. Esto quiere decir que esta etapa se basará, fundamentalmente, en dos procesos paralelos que se nutrirán entre sí: la elaboración de los cuestionarios (que ayudará a definir el foco de la recolección de información), y la revisión de información secundaria (que permitirá identificar brechas de información que deban ser abordadas en la entrevista).

Etapa 2. Preparación para aplicación de instrumentos de recolección de información primaria en campo. Ya con claridad acerca de la información que se necesita y la que se tiene, inicia el proceso de identificar los métodos idóneos para recolectar la información primaria. Este paso también incluye la preparación de materiales y herramientas, y la coordinación logística para el trabajo de campo.

Etapa 3. Inducción en recolección de información de campo y sus contenidos a equipos de apoyo territorial. Debido al escaso tiempo con el que se cuenta, se proyecta solicitar el apoyo del personal del proyecto en los territorios para la realización de algunos grupos focales. Esto implica capacitar al equipo para implementar los instrumentos, pero también para entender la información que se quiere recabar en cada pregunta.

Etapa 4. Recolección de información primaria. Consistente en la aplicación de entrevistas semiestructuradas al personal de los socios y la realización de los grupos focales con extensionistas y productores. Esta etapa también contempla la limpieza y sistematización de los datos y las primeras aproximaciones al análisis de resultados a partir de las apreciaciones de quienes apoyaron el levantamiento de información.

Etapa 5. Análisis de resultados y elaboración de documento final. En esta etapa se obtiene un documento descriptivo de las capacidades, necesidades y oportunidades que tiene cada socio para para responder a las demandas de los agricultores y ayudarlos a gestionar el clima. Los resultados serán validados y compartidos más adelante (subactividad 2, de la actividad 3.1.1.) con los participantes de los ejercicios de recolección de información primaria.

Las tareas y los tiempos detallados para el desarrollo de estas etapas pueden ser consultados en el plan de implementación de la actividad 3.1.1.

Diseño metodológico para el desarrollo de la subactividad 2: Codiseño de planes de implementación para los socios en los procesos de toma de decisiones para mejorar de manera rentable su prestación de servicios relacionados con el clima a los agricultores.

Esta subactividad está relacionada con la 1; ya que, a partir de sus resultados, plantea codiseñar con los socios el plan de acción para fortalecimiento de sus capacidades. En este caso, como se trata de una formulación conjunta, de un proceso de implementación que se extenderá durante toda la ejecución del proyecto y que implicará la toma progresiva del control por parte de los socios, se trataría de una subactividad enmarcada en el sexto peldaño de la escalera de participación de Geilfus (2002/2017). Ahora bien, los resultados de la evaluación de necesidades, fortalezas y oportunidades serán solo un insumo, pero esta actividad debe dar a los socios la libertad para establecer sus prioridades, ya que serán estos quienes en última medida asuman la responsabilidad del desarrollo de sus capacidades porque, en palabras de Horton et al. (2008), "Si no hay voluntad en la organización para dedicar recursos (tiempo y energía del área administrativa, por ejemplo) para el desarrollo de capacidades, y si no hay una cultura abierta al aprendizaje y al cambio, el trabajo que se haga para desarrollar las capacidades de esa organización tendrá un valor limitado" (p. 37). Además de lo anterior, Horton et al. (2008) recomiendan establecer los procesos de desarrollo de capacidades a partir de un enfoque holístico, que se caracteriza, entre otras cosas, por prestar atención al proceso de desarrollo de capacidades (no solo a las metas), por incorporar desde el principio actividades de seguimiento y evaluación, y por comprometer en el proceso a quienes tienen intereses en la organización. Esta actividad deberá tener su propio sistema de seguimiento y evaluación, pero este no buscará establecer una relación de causalidad entre los resultados y el proyecto, sino más bien identificar los cambios a los que éste haya contribuido, atendiendo a que, como lo indican Earl et al. (2002), "Cuando se manifiesta un cambio a gran escala -o impacto-, este suele ser el resultado de una confluencia de sucesos sobre los que ninguna organización ejerce control, ni puede atribuirse el mérito de forma exclusiva" (p. xiii).

Precisiones técnicas y participantes:

Por tratarse de una subactividad que da continuidad a la 1, el desarrollo de esta metodología estará acompañada de los mismos actores, en especial los socios, que aquí ejercerán un rol todavía más protagónico, pues harán parte del direccionamiento de los planes de implementación.

Esta metodología se llevará a cabo mediante un proceso de 5 etapas:

Etapa 1: Validación de resultados de la evaluación. En este paso se comparte con los participantes los resultados de la subactividad 1. Si bien este podría ser el último paso de la anterior subactividad, se ha propuesto dentro de esta porque se espera que este ejercicio abra un espacio para la retroalimentación de los resultados, en el que podrían empezar a vislumbrarse las prioridades de fortalecimiento de capacidades para los socios.

Etapa 2: Definición de prioridades para el fortalecimiento de capacidades. Sea que hasta este punto se tengan o no pistas sobre las prioridades de fortalecimiento de capacidades en los socios, les corresponde a ellos puntualizar los ejes de trabajo en los que les gustaría enfocarse.

Una vez se tenga claro el norte, se propone trabajar con los socios sobre el alcance y señales de progreso del proceso de fortalecimiento de capacidades.

En este punto es importante destacar que para Earl et al. (2002), los alcances se definen como los "cambios en el comportamiento, en las relaciones, actividades y/o acciones de las personas, los grupos y las organizaciones con los que un programa trabaja de forma directa" (p.1). No obstante, Daza-Caicedo et al. (2017), plantean que la transmisión de conocimiento se debe medir a través de tres factores: el conocimiento, que demuestra que una persona entiende un tema; la actitud, que tiene que ver cómo lo percibe (el valor que le asigna); y por último las prácticas, es decir, la aplicación del conocimiento recibido (acciones y comportamientos). Lo anterior, indica que para este caso incluso podrían plantearse alcances que no estén enmarcados en el campo de las acciones materializadas, sino también en los factores de conocimiento y actitud.

En todo caso, una adaptación de la metodología del Mapeo de Alcances (Earl et al., 2002) resultaría interesante para plantear en esta fase señales de progreso graduadas o progresivas a partir de lo mínimo que esperan los socios, lo que sería positivo que consiguieran, y lo que sería ideal. Por supuesto, el nivel de lo que "se espera" es relativamente fácil de conseguir porque está bajo el control de los socios, el nivel de lo que "sería positivo" implicaría un nivel de aprendizaje y compromiso más activo, mientras que el nivel de lo que "sería ideal" representaría una transformación más profunda.

Etapa 3: Proponer un plan de fortalecimiento de capacidades con sus indicadores. Una vez establecidas las metas del plan de fortalecimiento de capacidades (alcances) y las señales de (cómo se está avanzando hacia dichos alcances), será necesario formular estrategias (acciones) que ayuden a los socios a obtener los resultados esperados.

Por practicidad, la propuesta inicial para el plan será formulada por Agrosavia y la Alianza Bioversity & CIAT con base en los resultados de los ejercicios previos con los socios.

Etapa 4: Presentación de propuesta de plan de fortalecimiento de capacidades ante los socios y elaboración de plan de implementación final. En esta etapa se valida y ajusta el plan de fortalecimiento de capacidades de la mano con los socios, y se elabora y comparte el documento final para implementación, consulta y seguimiento.

Etapa 5: Implementación del plan de evaluación del fortalecimiento de capacidades. Esta etapa se mantendrá vigente durante todo el tiempo que dure el proyecto puesto que consiste en la realización de actividades de evaluación según lo que haya quedado estipulado en el plan de fortalecimiento de capacidades.

Las tareas y los tiempos detallados para el desarrollo de estas etapas pueden ser consultados en el plan de implementación de la actividad 3.1.1.

Referencias bibliográficas

Daza-Caicedo, S., Maldonado, O., Arboleda-Castrillón, T., Falla, S., Moreno, P., Tafur-Sequera, M. y Papagayo, D. (2017). Hacia la medición del impacto de las prácticas de apropiación social de la ciencia y la tecnología: propuesta de una batería de indicadores. História, Ciências, Saúde - Manguinhos, 24(1), 145–164. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702017000100004

Earl, S., Carden, F., Smutylo, (2002). Mapeo de alcances: Incorporando aprendizaje y reflexión en programas de desarrollo. Primera edición en español. Libro Universitario Regional (LUR) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá).

Geilfus, F. (2017). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (Trabajo original publicado en 2002).

PM4NGOs. (2020). Guía Project Dpro. Gestión de proyectos para profesionales del desarrollo (PMD Pro). 2a Edición, marzo de 2020. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.odaid.org/wp-content/uploads/2021/02/PMDPro.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2008). Diagnóstico de capacidades. Disponible en:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/SP_Nota%20de%20Practica_Diagnostico%20de%20Capacidades.pdf

Ying S., Escobedo A., Gutiérrez R. (2015). Diagnóstico de la capacidad empresarial y socio-organizativa de empresas asociativas rurales basada en los medios de vida sostenibles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8230/Diagnostico_de_la_capacidad_empresarial.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Horton, D., Alexaki, A., Bennet-Lartey, S., Noële Brice, K, Campilan, D., Carden, F., de Souza Silva, J., ThanhDuong, L, Khadar, I., Maestrey Boza, A., Kayes Muniruzzaman, I., Perez, J., Somarriba Chang, M., Vernooy, R. & Watts, J.

(2008). Evaluación del desarrollo de capacidades. Experiencias de organizaciones de investigación de desarrollo alrededor del mundo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
Resumen ejecutivo
La metodología para "Evaluar las capacidades, oportunidades y necesidades de Fedepanela para responder a las demandas de los agricultores en cuanto a gestión del clima y de sus efectos" se estableció y aplicó de manera parcial; esto debido al tiempo de ejecución del proyecto. El gremio a través de los directores nacionales, proporcionaron la información necesaria para realizar el análisis de las capacidades, necesidades y oportunidades frente a la gestión del clima. De manera complementaria, se consultaron algunas fuentes secundarias disponibles para analizar de manera integral los aspectos consolidados. Se puede destacar que dentro de las capacidades del gremio se encuentran aspectos como: Cobertura y presencia institucional, participación en mesas técnicas, aproximación a la gestión de datos climáticos, conocimiento y priorización de la vulnerabilidad de algunas regiones paneleras, capacitación y asistencia técnica, conocimiento local, recursos tecnológicos, innovación y desarrollo tecnológico en prácticas agrícolas y agroindustria, entre otras. Mientras que las necesidades se orientan a: monitoreo de vulnerabilidad, financiamiento accesible, capacitación y educación para los actores del gremio, fortalecimiento del capital humano adscrito al gremio, establecer planes o programas para abordar emergencias climáticas, colaboración interinstitucional, fortalecimiento de capacidades y de la asistencia técnica - extensión rural integral en temas climáticos, sensibilización o educación y conciencia sobre los efectos del cambio climático, continuar la investigación, desarrollo e innovación de la agroindustria, infraestructura sostenible en la producción primaria de la caña y en la transformación de la caña a panela, implementación de tecnologías o medidas de adaptación y mitigación. Es importante mencionar que el gremio, a pesar del limitado financiamiento con que cuenta, presenta avances sólidos en cuanto a agricultura digital, servicios de extensión y género, apoyo al mejoramiento genético para la adaptación del cambio climático, uso eficiente del agua, reducción de emisiones de GEI con el proyecto NAMA, y valor agregado y mercados inclusivos. En paralelo, el gremio establecerá la apuesta de mejora considerando la información obtenida en este producto.
Capítulos que se van a desarrollar
Se describen en la metodología.
Conclusiones
• Se elaboró y aplicó la metodología, con esto fue posible consolidar la información primaria y secundaria suficiente para establecer las necesidades, capacidades y oportunidades del gremio en la gestión del clima. • Se avanza en la consolidación del plan de mejora que incluye la gestión del clima por parte de Fedepanela con el apoyo de CIAT y AGROSAVIA.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Consolidación del documento versión 1 que contiene el plan de mejora del Fedepanale; esta con el apoyo Programación y concertación de la fecha de la 1ra sesión para aplicar la entrevista y posteriormente realizar el análisis de la información.
Evidencias - Anexos
• Se adjunta archivo C3- ENTREGABLE 1.

Componente
3
Eje
5
Actividad GCF actividad 2.1. subactividad 2.1.2
Activity GCF 3.1.1 Strengthen gremios capacities to use digitally enabled tools that improve the provision of services to farmers with emphasis on profitable production system that also reduce GHG emissions and increase climate-resilience Actividad POA 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Metodológico y reporte
Objetivo
Establecer y aplicar la metodología para el mapeo de actores de la agroindustria panelera con relación a las acciones realizadas o proyectadas para la gestión del clima, esto en el marco de la subactividad 2.2.1. Coordinar con productores, gremios, compradores y otros actores de las cadenas de valor, para priorizar las oportunidades de mejora, así como las barreras que limitan escalar las prácticas bajas emisiones y resilientes al clima.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático y subactividad 2.1.2. que se realizan de manera coordinada entre ALIANZA BIOVERSITY-CIAT, FEDEPANELA (Federacion Nacional de Productores de Panela) y AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).
Antecedentes
Dados los objetivos del proyecto y su componente 3, con esta actividad se contribuye al fortalecimiento de capacidades de FEDEPANELA en cuanto a reconocer las alianzas institucionales establecidas o futuras y los actores que integran la agroindustria panelera; esto con el propósito de alinear los esfuerzos relacionados con la gestión del clima por parte del gremio.
Metodología
El análisis se desarrolló mediante un enfoque mixto que integró la recopilación de datos primarios y secundarios. Se inició con una revisión documental, que abarcó fuentes académicas, gremiales y gubernamentales para identificar las principales tendencias y los desafíos asociados al cambio climático y la sostenibilidad del sector. A continuación, se realizó una identificación de actores clave en la cadena, incluyendo la producción primaria y secundaria, instituciones regulatorias y de apoyo, así como organizaciones gremiales y comunitarias. Este proceso se complementó con entrevistas y talleres participativos, en los cuales se establecieron sesiones interinstitucionales con representantes de Fedepanela, con el fin de recoger las perspectivas locales sobre los retos y oportunidades del sector. Finalmente, se aplicó un enfoque de análisis sistémico utilizando herramientas de análisis de redes, lo que permitió mapear las relaciones y dinámicas entre los actores clave, identificando puntos críticos y áreas de oportunidad que podrían contribuir al fortalecimiento de la cadena productiva, en términos productivos y la gestión del riesgo agroclimático.
Resumen ejecutivo
Se estableció y aplicó la metodología para la identificación de los actores de la agroindustria panelera. Se emplearon fuentes primarias y secundarias de información las cuales fueron analizadas para obtener los actores clave en la cadena, incluyendo la producción primaria y secundaria, instituciones regulatorias y de apoyo, así

como organizaciones gremiales y comunitarias. Este proceso se complementó con entrevistas y talleres participativos, en los cuales se establecieron sesiones interinstitucionales con representantes de Fedepanela, con el fin de recoger las perspectivas locales sobre los retos y oportunidades del sector. Fue posible mapear las relaciones y dinámicas entre los actores clave, identificando puntos críticos y áreas de oportunidad para la gestión del clima.
Capítulos que se van a desarrollar
Se describen en la metodología.
Conclusiones
• Se elaboró y aplicó la metodología para confirmar el mapa de actores relacionados con Fedepanela y la agroindustria panelera.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Validación y retroalimentación de la información con los aliados CIAT y Fedepanela.
Evidencias – Anexos
• Se adjunta archivo AVANCE ENTREGABLE 2.

Talleres de capacitación

Tabla 51. Talleres de capacitación y reporte Adaptación climática en la agroindustria panelera

Componente
3
Eje
6
Actividad GCF actividad 2.2 subactividad 2.2.1
Activity 3.2.2. Capability development on innovation systems approach and its inclusion into updated technology transfer plans. Actividad POA 2.2. Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
En este producto se orienta a logro de la subactividad 2.2.1 Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores. Para tal fin se desarrollaron dos acciones, una orientada a conocer la percepción de los productores y la comunidad sobre el cambio climático y su relación con la agroindustria panelera con 7 eventos denominados “Adaptación climática en la agroindustria panelera”; y la segunda, apoyando la sensibilización y consolidación de información primaria sobre las capacidades y necesidades de los asistentes técnicos del subsector panelero.
Justificación
El desarrollo de la subactividad 2.2.1. está dirigida al Producto 20: Reporte de capacitación a 8.000 productores y 500 profesionales o técnicos en los sectores que aborda el proyecto. Para tal fin, se aunaron esfuerzos de los aliados ALIANZA BIOVERSITY-CIAT, FEDEPANELA y AGROSAVIA para conocer la percepción de los productores de municipios priorizados sobre el proyecto y temática que aborda, y de manera complementaria consolidar las necesidades y capacidades de los asistentes técnicos sobre la gestión del clima. El acercamiento a estos actores facilita la comprensión de la población objetivo y beneficiarios, el reconocimiento de las sinergias locales, no solo para acceder o contactar a los posibles beneficiarios sino identificar los actores clave para futuras actividades y la disposición de las entidades municipales como alcaldías para participar y colaborar con el proyecto. En cuanto al modelo de asistencia técnica, estas acciones facilitan la interacción y difusión del proyecto, así como reconocer las expectativas que podrían generar las acciones del proyecto con relación al plan de carrera de los técnicos, tecnólogos y profesionales del subsector panelero.
Antecedentes
AGROSAVIA y Fedepanela cuentan con cobertura y presencia en algunos de los municipios priorizados en el proyecto CAS, lo cual facilita el reconocimiento de actores clave para convocar a los posibles beneficiarios y participantes de las actividades del componente 3. A pesar de esto, las interacciones locales son particulares y requieren su análisis y comprensión, puesto que los funcionarios y profesionales, y presencia institucional son intermitentes generando desconfianza o incertidumbre a los paneleros. Así mismo, la presentación del proyecto demanda espacios exclusivos con los mandatarios locales o secretarios de desarrollo y agricultura, lo que podría afianzar el apoyo regional hacia el proyecto CAS.

De otro lado, es relevante conocer la estructura y funcionamiento del modelo de asistencia técnica y su alineación con futuras estrategias de gestión del clima. Este modelo será fortalecido con el proyecto durante los siguientes cinco años. Las acciones adelantadas involucran principalmente a los profesionales vinculados a Fedepanela, y otro ubicados en municipios paneleros.

Metodología

1. El desarrollo de **talleres de capacitación** se llevó a cabo considerando los municipios priorizados y en concertación con actores clave con conocimiento local o que lideran organizaciones de productores de panela. Los principales pasos considerados fueron:
   - Definición de cronograma y contacto con actores clave de Fedepanela y/o Agrosavia en 12 municipios ubicados en Boyacá, Santander, Cundinamarca, Valle del Cauca, Antioquia y Nariño.
   - Definición del objetivo de los eventos así: Conocer la percepción y expectativas de los productores y productoras de caña de azúcar para panela sobre el cambio climático y medidas de adaptación en el cultivo y agroindustria panelera.
   - Conformación de la agenda temática de los talleres de capacitación "Adaptación climática en la agroindustria panelera".
   - Seguimiento y concertación de fechas propuestas, y la confirmación de eventos según cronograma disponible y tiempo de ejecución (ocho semanas: del 30 de septiembre al 30 de noviembre).
   - Concertación de la convocatoria con aliados locales o actores clave, así como la confirmación de los escenarios de encuentro.
   - Desarrollo de talleres de capacitación según fechas acordadas.
2. **Identificación de necesidades y capacidades de los asistentes técnicos.** El desarrollo de esta actividad se realizó de la siguiente manera:

- CIAT consolidó la metodología que incluyó las preguntas orientadoras para el desarrollo de entrevistas individuales con los técnicos, tecnólogos y profesionales paneleros. Así mismo, validaron este instrumento en versión Excel con otras especies priorizadas en CAS; posterior al desarrollo de 10 entrevistas del subsector panelero, liberaron una versión digital de la entrevista en la plataforma ODK.

- Fedepanela facilitó el directorio del personal del área técnica de la federación, tanto coordinadores departamentales como sus técnicos. Así mismo, facilitó la programación y confirmación de asistencia a la entrevista de cerca de 15 funcionarios.

- AGROSAVIA aplicó la entrevista tanto en versión Excel como en ODK a 32 profesionales, técnicos y tecnólogos relacionados con la agroindustria panelera.

- CIAT analizó la información obtenida y proyecto una propuesta de los temas de capacitación para los años 2025, 2026 y 2027 considerando las capacidades y necesidades identificadas en cuanto a formación en gestión climática.

- AGROSAVIA y Fedepanela establecerán una primera propuesta de temas, contenidos, publico objetivo y formadores del plan de capacitación para asistentes técnicos o extensionistas rurales, y para productores.

- CIAT, AGROSAVIA y Fedepanela consolidarán junto con investigadores de los componentes 1, 2 y 3 una versión final del plan de capacitaciones considerando los ejes temáticos del proyecto CAS:

- Tecnologías y transformación digital en la agricultura
- Servicio de extensión con enfoque de Cambio Climático
- Cambio climático y servicios climáticos
- Consideraciones ambientales frente a biodiversidad y gestión de residuos
- Mejoramiento genético para la adaptación al cambio climático
- Mercados inclusivos

- Prácticas para el uso eficiente del agua
- Integración de servicios financieros para el cambio climático
- Prácticas sostenibles para la reducción de emisiones de GEI

Resumen ejecutivo

En este producto se orienta a logro de la subactividad 2.2.1 Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores. En el desarrollo del producto se avanzó en dos acciones principales, un acercamiento a la comunidad de los productores de los municipios de Chitaraque, Santana y Togüi en Boyacá; San Benito y Mogotes en Santander; La Peña y Caparrapí en Cundinamarca; y Consacá en Nariño. De otro lado, con el propósito de apoyar la determinación de las necesidades, capacidades y oportunidades del actual modelo de asistencia técnica y profesionales, técnicos y tecnólogos AGROSAVIA aplicó una entrevista individual a 32 profesionales vinculados a la agroindustria de la panela en el país (Boyacá, Santander, Cundinamarca, Nariño, Antioquia, Risaralda, Caquetá, Caldas y Valle del Cauca.); a partir del análisis de esta información, se conformará el plan de capacitación del sistema productivo de caña de azúcar para panela que busca avanzar en el fortalecimiento de capacidades para la gestión del clima.

Capítulos que se van a desarrollar

1. Talleres de capacitación
2. Identificación de necesidades y capacidades de los asistentes técnicos en la gestión de clima para el desarrollo de un plan de capacitaciones sobre gestión del clima en el sistema productivo.

Conclusiones

Este producto demandó la coordinación de acciones y tiempos de los aliados CIAT, Fedepanela y AGROSAVIA, razón por la cual se sobrepasó el cronograma de trabajo previsto. Esto generó atrasó en la consolidación del entregable.

A nivel local se sugiere aunar esfuerzos para dar a conocer el proyecto con las administraciones municipales y hacerlos participes de las acciones y actividades que se ejecutarán. Se evidenció desconocimiento del proyecto y sus acciones en buena parte de los municipios visitados.

La gestión del conocimiento y acciones relacionadas en el componente 3 requieren del trabajo conjunto y mayor comunicación con la totalidad de integrantes del proyecto, tanto de los diferentes componentes como de las instituciones aliadas. Esto sería posible subsanar con reuniones de planificación y seguimiento antes, durante y después de la ejecución de nuevas fases del proyecto.

Existe la oportunidad de realizar un aporte significativo al modelo de asistencia técnica y promover la conformación y puesta en marcha de pilotos de extensión rural centrados en las temáticas priorizadas en el proyecto.

Se sugiere establecer una ruta para la gestión de conocimiento que involucre a los participantes y posibles beneficiarios en diferentes acciones del proyecto, esto con el propósito de brindar oportunidades de fortalecimiento de manera diferencial y en grupos focales a corto, mediano y largo plazo. Esto podría mejorar la percepción de los paneleros sobre el desarrollo de proyectos en sus territorios, y demostrar el compromiso de las entidades aliadas para desarrollar el proyecto en sus municipios.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Los pasos para seguir incluyen el análisis de la percepción de los productores a través de su sistematización, y la finalización del plan de capacitaciones en conjunto con los aliados.

Evidencias – Anexos

- Se adjunta un archivo C3-ENTREGABLE 3 que incluye:

a. Evidencias de 6 de 7 eventos realizados: agenda temática, archivos de invitación a eventos, listado de asistencia con firma.

b. Desarrollo de entrevistas por parte de AGROSAVIA y análisis de la información sobre necesidades y capacidades de los asistentes técnicos de Fedepanela para mejorar la gestión del

clima. Se relaciona parte del análisis realizado por CIAT donde se priorizan los temas para el sistema productivo, y la estructura del plan de capacitación a 3 años.

Se comparten los siguientes pantallazos del ODK, sonde se evidencia el registro de eventos, 8 en total y 8 reportes para cierre. Tmabien el reporte y registro parcial de BENEFICIARIOS desde el C3 de caña de azúcar para panela; con un total de 152 de 155 asistentes a 7 eventos. Desde el C3 se relizaron registros de beneficiarios desde otros dispositivos con un valor total aproximado de 180 beneficiarios entre productores, productoras, agroindustriales y profesionales, técnicos y tecnologos.

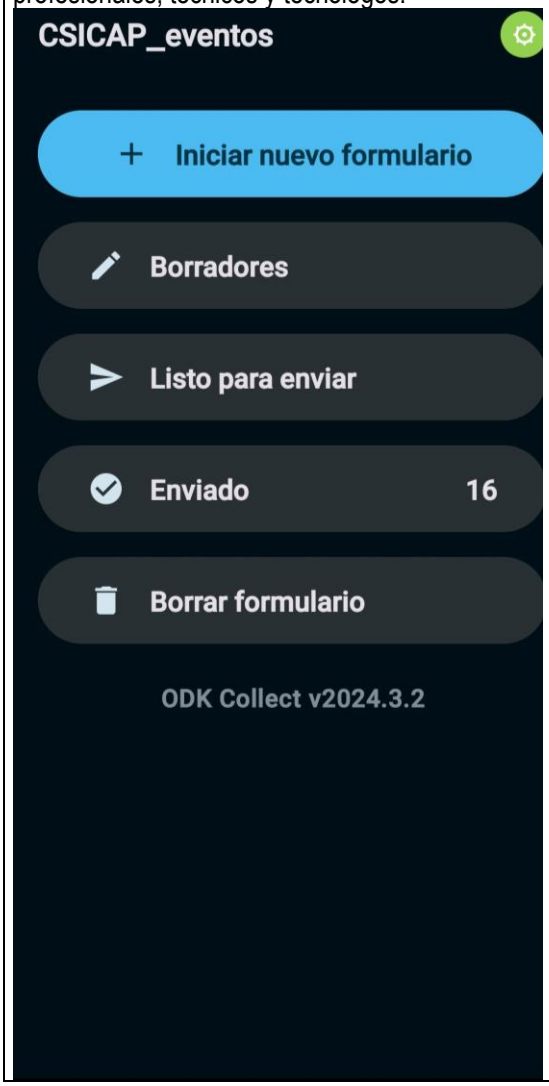


Tabla 52. Reporte Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores

Componente
3
Eje
6
Actividad GCF actividad 2.3.1
2. Fortalecimiento de capacidades y conocimiento de los técnicos sobre el fenómeno del cambio climático y las opciones de adaptación y mitigación. Actividad 2.3. Estudiantes, profesores y técnicos agropecuarios extensionistas con más información sobre el cambio climático y capacitación para la implementación de medidas para la adaptación y mitigación Subactividad 2.3.1. Desarrollar una estrategia que permita la difusión, el acceso y el uso de los resultados del Proyecto por parte de los actores clave públicos y privados, con el fin de crear capacidades para incidir en futuras políticas públicas.
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Reporte
Objetivo
En este producto se orienta a logro de la subactividad 2.2.1 Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores; esto mediante el registro de información primaria de las necesidades, capacidades y oportunidades para el fortalecimiento de los servicios de extensión de la agroindustria panelera.
Justificación
Dentro de la estrategia de gestión de conocimiento del año 1 del proyecto CAS, se avanza en el desarrollo de una infografía tipo calendario de siembra, un plegable infográfico y un videoclip. Estos productos incluirán información general del proyecto y sistema productivo de caña para panela como soporte a la difusión y relacionamiento con actores de la agroindustria de la panela e instituciones en regiones priorizadas.
Antecedentes
El uso de material de apoyo, particularmente de tipo gráfico, facilita las acciones de gestión de conocimiento y particularmente el posicionamiento del proyecto en los territorios y la sensibilización de los actores de la cadena sobre las temáticas que este aborda. Acorde con la experiencia de AGROSAVIA en la agroindustria panelera y conocimiento de la tipología de actores, y reconocimiento la importancia de diferenciar al público objetivo o posibles beneficiarios con interés tecnológicos o tradicionales, estos productos editoriales se desarrollarán en formato impreso y digital.
Metodología
El desarrollo de los productos de difusión no cuenta con una metodología particular. Para AGROSAVIA el punto de partida en el desarrollo de estos productos se da a partir del trámite administrativa y solicitud del servicio; esto para identificar un proveedor externo que presente una propuesta de calidad y que se ajuste al tiempo de ejecución de los proyectos. En este sentido, la secuencia de acciones y tiempo incluidas en la gestión de estos productos incluye: ***Octubre del 2024:*** Consenso con los integrantes del componente 3 para definir los elementos gráficos y contenido de cada uno de los productos, esto alineado con el enfoque climático del proyecto y considerando algunos elementos y experiencias tanto del sistema productivo como sobre la gestión de clima. Entre estos se revisaron los algunos productos base así:

c. Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para la elaboración de panela. En: https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406306

d. Modelo productivo de la caña de azúcar para panela. En: https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/modelos-productivos/modelo-productivo-panela

e. Sistema de producción de semillas de caña de azúcar para panela mediante la obtención de plantas germinadas. En: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36506

f. Proceso de evaluación de nuevas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para la producción de panela: CC 93-7711 y CC 93-7510 de AGROSAVIA. En: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36507

g. Principales enfermedades que afectan el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en regiones paneleras. En: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36503

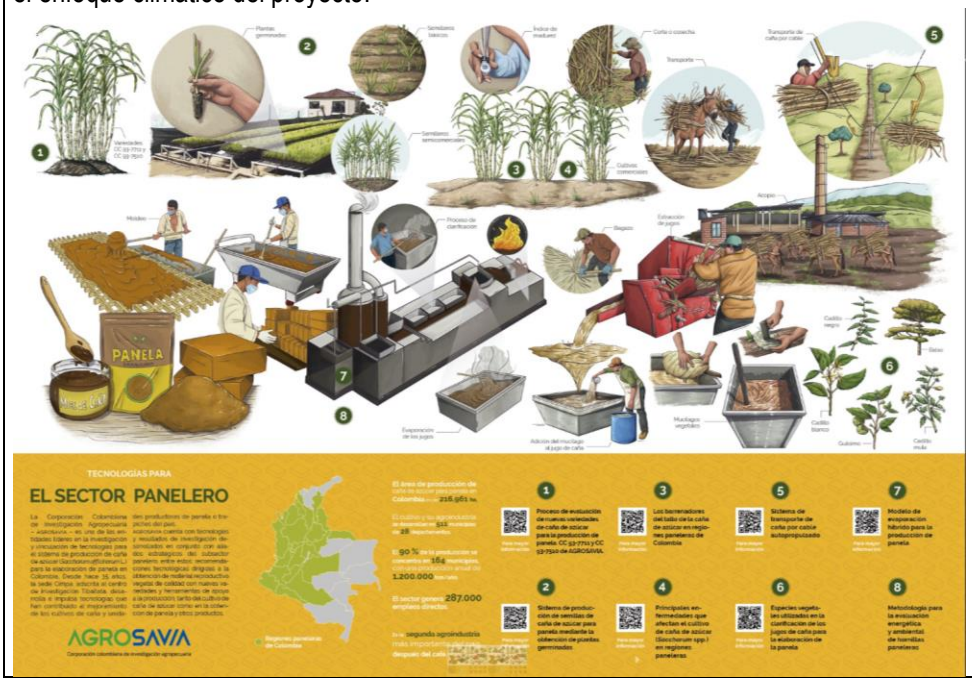
h. Los barrenadores del tallo de la caña de azúcar en regiones paneleras de Colombia. En: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36496

i. Especies vegetales utilizadas en la clarificación de los jugos de caña para la elaboración de panela. En: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36495

j. Conozca a sus aliados para el manejo del barrenador Diatraea spp. en caña de azúcar para panela. En: https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405101

Noviembre 2024: Se realizó la solicitud del servicio a través de la plataforma COUPA de AGROSAVIA (solicitud 511283), así mismo en este mes se adelantó la difusión del requerimiento entre diversos proveedores y la recepción de propuestas económicas y técnicas junto con cronogramas de trabajo. En paralelo, se desarrollaron documentos asociados con los términos y condiciones del evento de contratación y, posterior a la recepción de propuestas, se elaboró la justificación técnica de acuerdo con los soportes recibidos.

Diciembre de 2024. Se adjudicó el servicio a uno de los proveedores y se avanza en la concertación del cronograma de trabajo y desarrollo de los productos. El desarrollo de los productos editoriales, infografía tipo calendario de siembra y plegable infográfico se basa en la siguiente infografía, la cual será adecuada considerando el enfoque climático del proyecto:



En el videoclip de 1:30 minutos se empleará información puntual del proyecto con el propósito de que pueda ser difundido a través de WhatsApp. El guion, storyboard y propuesta gráfica lo desarrollará el proveedor contratado.
Resumen ejecutivo
Desde AGROSAVIA se avanza en los aspectos administrativos y financieros relacionados con la contratación del servicio de diseño, impresión para la infografía, plegable y video clip. A la fecha se cuenta con un proveedor seleccionado y con un cronograma de trabajo que se ajustará a los tiempos indicados para ejecutar el recurso financiero y recibir los productos finalizados.
Capítulos que se van a desarrollar
No aplica
Conclusiones
• Se gestionó el servicio para el desarrollo de los productos de difusión por parte de AGROSAVIA, sin embargo, el tiempo de ejecución fue reducido para todo el trámite que implica el desarrollo de este tipo de productos. • Se tiene la expectativa de finalizar los productos, lo cual depende de que el proveedor reafirme que el tiempo que resta es suficiente para lograrlo. En ese sentido, se presenta incertidumbre de que al 20 de diciembre se obtengas estos tres productos.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Los pasos para seguir incluyen: - Concertar y confirmar el cronograma de trabajo. - Establecer y continuar con la programación y realización de los productos.
Evidencias - Anexos
Se adjunta archivo C3-ENTREGABLE 4: Reporte de gestión administrativa de la solicitud de servicio de los productos.

Table 3 Documentos de investigación C3 Eje 6 caña

Componente
3
Eje
6
Actividad GCF
Activity 3.2.2. Capability development on innovation systems approach and its inclusion into updated technology transfer plans. Actividad POA 2.2. Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Metodológico
Objetivo
En este producto se orienta a logro de la subactividad 2.2.1 Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores; esto mediante el registro de información primaria de las necesidades, capacidades y oportunidades para el fortalecimiento de los servicios de extensión de la agroindustria panelera.
Justificación
Con el desarrollo metodológico de la subactividad 2.2.1. se avanza en el logro del Producto 20: Reporte de capacitación a 8.000 productores y 500 profesionales o técnicos en los sectores que aborda el proyecto. La

concertación de la metodología se realizó a partir de la experiencia de la ALIANZA BIOVERSITY-CIAT, FEDEPANELA y AGROSAVIA. Es fundamental conocer el estado actual de los servicios de extensión del gremio y su enfoque a la gestión del clima, por tal razón se requiere información actualizada sobre las capacidades y necesidades de los profesionales, técnicos y tecnólogos que asesarán a la agroindustria panelera en el país.

Antecedentes

Se consolidó el formato de entrevista estructurada para dar cumplimiento a la subactividad 2.2.1., con la cual se consolidarán las necesidades y capacidades de los profesionales, técnicos y tecnólogos vinculados a FEDEPANELA y a regiones paneleras de país dentro del servicio de extensión rural y gestión del clima. A la fecha no se cuenta con información secundaria referente por lo que es fundamental colectar esta información dentro del proyecto.

Metodología

Se consolidó el formato de la entrevista estructurada individual para captar las necesidades y capacidades de los profesionales, técnicos y tecnólogos de FEDEPANELA y regiones paneleras. Las temáticas centrales de la entrevista son las siguientes, cada una con un nivel de detalle que permitirá determinar el nivel de conocimiento de los entrevistados:

- Tecnologías y transformación digital en la agricultura
- Servicio de extensión con enfoque de Cambio Climático
- Cambio climático y servicios climáticos
- Consideraciones ambientales frente a biodiversidad y gestión de residuos
- Mejoramiento genético para la adaptación al cambio climático
- Mercados inclusivos
- Prácticas para el uso eficiente del agua
- Integración de servicios financieros para el cambio climático
- Prácticas sostenibles para la reducción de emisiones de GEI

Resumen ejecutivo

Se consolidó la metodología asociada con entrevistas individuales y se aplicó a 6 profesionales, técnicos, tecnólogos vinculados a los servicios de extensión de FEDEPANELA y de regiones paneleras de Colombia. De acuerdo con el avance obtenido, se reafirmaron las temáticas centrales del proyecto asociadas con la gestión del clima y preguntas orientadoras para determinar el nivel de las capacidades y reconocer sus necesidades de capacitación. Se resalta que este instrumento tiene un carácter de autoevaluación y reflexión sobre la proyección de carrera lo que permitirá consolidar los lineamientos s del plan de capacitaciones de este gremio. Las entrevistas aplicadas corresponden a profesionales, técnicos y tecnólogos de los departamentos de Boyacá, Santander, Cundinamarca y Valle del Cauca.

Capítulos que se van a desarrollar

El formato de entrevista estructurada incluye a profundidad aspectos relacionados con el conocimiento sobre las temáticas Tecnologías y transformación digital en la agricultura, Servicio de extensión con enfoque de Cambio Climático, Cambio climático y servicios climáticos, Consideraciones ambientales frente a biodiversidad y gestión de residuos, Mejoramiento genético para la adaptación al cambio climático, Mercados inclusivos, Prácticas para el uso eficiente del agua, Integración de servicios financieros para el cambio climático, Prácticas sostenibles para la reducción de emisiones de GEI; estas orientadas a confirman si hacen parte de las capacidades o necesidades de los profesionales, técnicos y tecnólogos de FEDEPANELA en su desempeño o plan de carrera.

La realización de las entrevistas incluyó la concertación con cada una de las personas con los siguientes cargos, departamentos y fechas:

Cargo	Departamento	Día entrevista
Coordinador el área técnica Valle del Cauca	VALLE	3-sep-24
Coordinador el área técnica Cundinamarca	CUNDINAMARCA	24-sep-24

Técnico del área agrícola o Extensionista rural de Cundinamarca	CUNDINAMARCA	24-sep-24
Técnico del área agrícola o Extensionista rural de Boyacá	BOYACÁ	24-sep-24
Técnico del área agrícola o Extensionista rural de Boyacá	BOYACÁ	24-sep-24
Técnico del área agrícola o Extensionista rural de Boyacá	BOYACÁ	26-sep-24

El análisis de la información se realizará al culminar la totalidad de 30 entrevistas proyectadas para la agroindustria panelera.

Conclusiones

- Se consolidó la metodología de la actividad 2.2. y los formatos para el desarrollo de entrevistas individuales.
- Se realizaron 6 entrevistas a profesionales, técnicos y tecnólogos de los departamentos de Boyacá, Santander y Valle del Cauca.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Los pasos para seguir incluyen:

- Continuar con la programación y realización de 21 entrevistas en diferentes regiones paneleras, principalmente con acciones de FEDEPANELA.
- Analizar la información registrada.
- Desarrollar los contenidos temáticos y cronograma del plan de capacitaciones.

Evidencias – Anexos

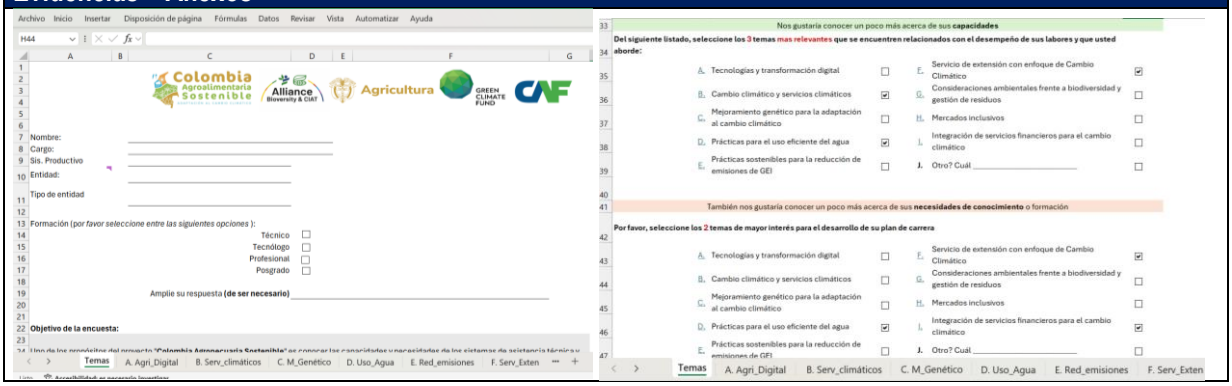


Tabla 53. Documento de investigacion desarrolló de la metodología para las parcelas de validación en el cultivo de plátano

Componente

1

Eje

6

Actividad GCF

Actividad 1.5. Subactividad 1.5.1. Producto: 1. Documento con protocolo para establecimiento de ensayos de campo.

Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros

Metodológico

Objetivo

En el marco del Convenio entre el CIAT y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Agrosavia desarrolló la metodología para las parcelas de validación en el cultivo de plátano (*Musa* AAB), en el componente 1, la cual contempla la evaluación de los protocolos de ecofisiologia, evaluando las variables de crecimiento, desarrollo y producción.

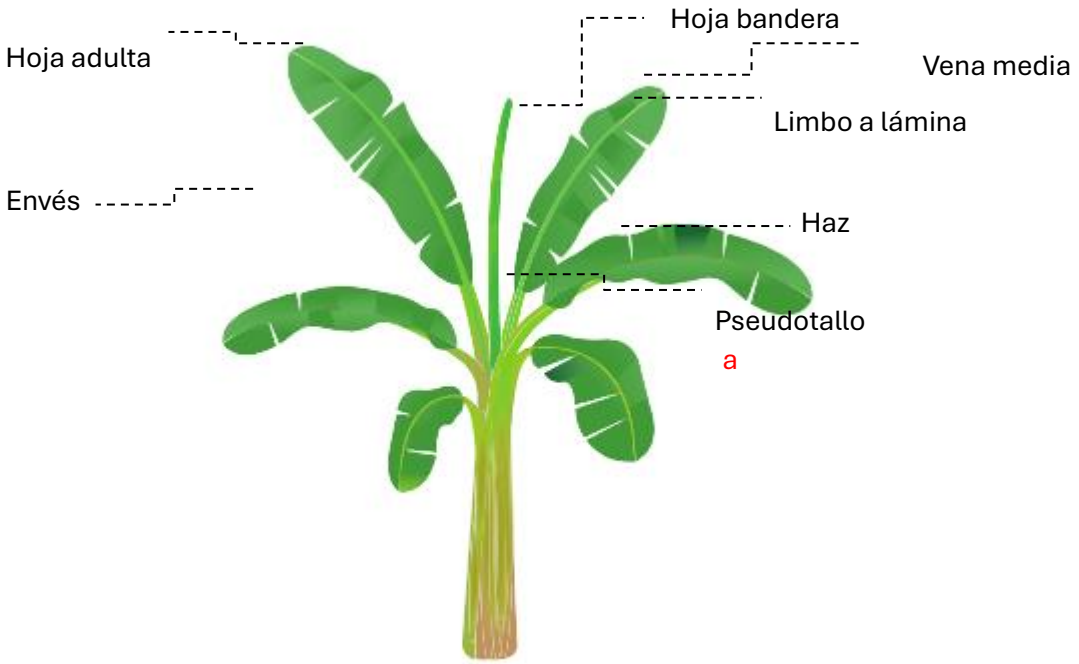
Justificación

En Colombia, las musáceas representan un cultivo de gran relevancia económica, cultural y social (Solórzano & Brina, 2021). Con más de 434.723,31 hectáreas cultivadas de plátano, el país alcanzó un rendimiento de 10,26 toneladas, según datos de Agronet. Las regiones de Caldas, Risaralda, Quindío y el piedemonte llanero lideran la producción de plátano, mientras que Antioquia, Magdalena y Guajira se destacan en la producción de banano (Agronet, 2022).

El plátano (AAB) y el banano (AAA) son dos especies pertenecientes a la familia *Musaceae* y se clasifican dentro de la división *Magnoliophyta*. Las musáceas presentan una estructura botánica característica que incluye un sistema de raíces, un tallo subterráneo conocido como cormo, el cual cuenta con yemas laterales; estas yemas laterales dan lugar a los colinos.

El pseudotallo está compuesto por calcetas y un sistema foliar que generalmente abarca entre 38 y 40 hojas. En cuanto a la inflorescencia, los racimos de plátano están constituidos por estructuras denominadas dedos, manos y bellota.

Los frutos son una fuente importante de alimento en muchas partes del mundo y tienen un alto contenido de potasio, vitamina B6, vitamina C y fibra (Cruz *et al*., 2022). Las variedades de plátano y banano varían en tamaño, color y sabor, adaptándose a diferentes climas y suelos. Su propagación se da normalmente mediante rizomas, cormos, retoños o hijuelos (Figura 1).



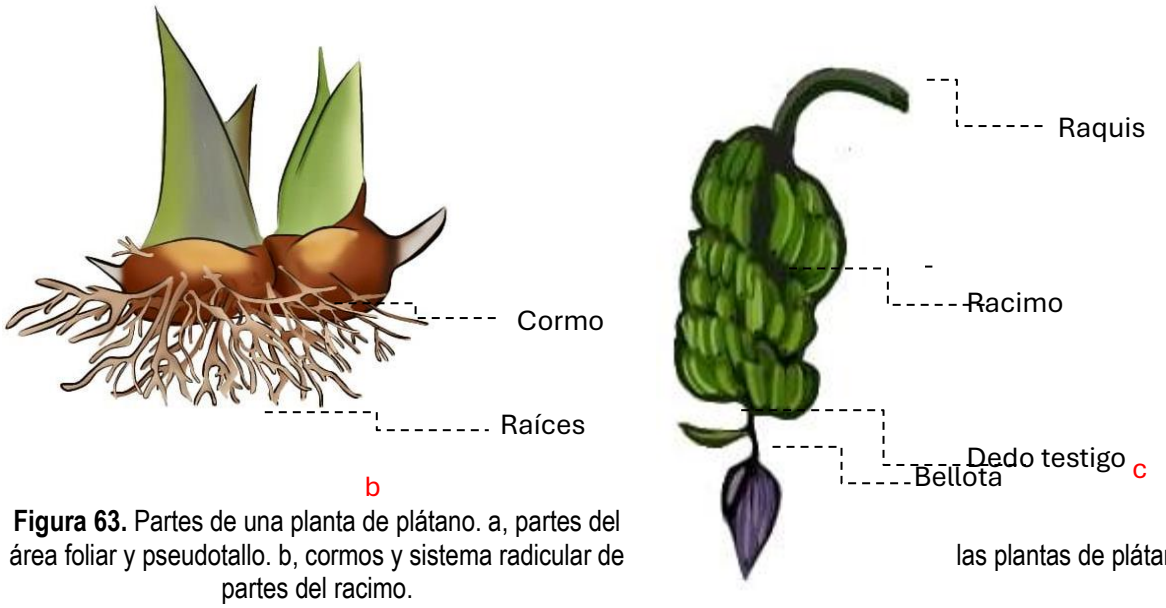


Figura 63. Partes de una planta de plátano. a, partes del área foliar y pseudotallo. b, cormos y sistema radicular de las plantas de plátano. c, partes del racimo.

Las parcelas experimentales y de validación son fundamentales para medir las fluctuaciones de las variables climáticas y la producción de biomasa en el cultivo de plátano. Conceptualmente, las condiciones cambiantes del medio ambiente en estas parcelas son un conjunto de factores dinámicos que interactúan de manera compleja con las características fisiológicas de la planta. Estos factores no solo determinan el crecimiento y rendimiento del cultivo, sino que también influyen en la susceptibilidad a plagas y enfermedades, la eficiencia en el uso del agua y nutrientes, y la sostenibilidad del sistema agrícola en su conjunto.

El análisis detallado de estas variables permite comprender cómo el cultivo de plátano responde a las fluctuaciones climáticas locales, lo que facilita la toma de decisiones para optimizar las prácticas agronómicas. En particular, la temperatura, la humedad y el agua son determinantes en la productividad, dado que el plátano requiere un clima cálido y húmedo para tener un desarrollo óptimo.

La pluviosidad influye en la disponibilidad de agua para el cultivo, un factor crítico en regiones con períodos que presentan sequía implementando sistemas de riego adecuados. Por otro lado, la producción de biomasa se convierte en un indicador integral de la salud de la planta, reflejando el balance entre los recursos disponibles y las necesidades del cultivo. En conjunto, el monitoreo constante de estas variables en las parcelas experimentales permitirá ajustar prácticas agronómicas y diseñar estrategias de manejo más resilientes frente a la variabilidad climática.

El presente reporte tiene como objetivo detallar y mostrar el progreso alcanzado en el proyecto "Colombia Agroalimentaria Sostenible - CAS", enfocado en la planificación y el establecimiento de ensayos experimentales destinadas a la calibración, validación y el protocolo de implementación de las parcelas experimentales en el cultivo de plátano. Estos ensayos son fundamentales para mejorar la precisión de los modelos que apoyan la toma de decisiones en el sector agroalimentario, con miras a aumentar la sostenibilidad y productividad en diversas regiones de Colombia.

La planificación de las parcelas experimentales se dará en tres centros de investigación con los que cuenta Agrosavia. El C.I Turipaná, el C.I Caribia y el C.I Motilona. En estos lugares se colectará la información de campo con sus respectivos repositorios de datos. Además, se ajustará y validará el protocolo para los sistemas de producción tanto de las zonas como de los modelos con que cuenta Agrosavia.

El establecimiento y la toma de datos en las parcelas tendrán registros de crecimiento, desarrollo, producción y clima. Con estos datos se tomarán las decisiones dando paso a estrategias de modelación en sistemas productivos de plátano para las zonas.

En este reporte se presentan los siguientes avances: Para el cultivo de plátano se seleccionaron los sitios experimentales en los municipios de Cereté (Córdoba), Guacamayal (Magdalena), Agustín Codazzi (Cesar). Estos sitios fueron geoposicionados y permitirán realizar una comparación de las condiciones climáticas, la producción de biomasa y el comportamiento del cultivo en sus diferentes etapas de desarrollo para cada una de las zonas. Las variedades (clones) a implementar serán hartón o dominico hartón, ya que son los de mayor área de siembra, y están adaptados a las condiciones agroclimáticas y de suelos de la región caribe.

Metodología

Localidades

Los monitoreos de las variables climáticas y la producción de biomasa se llevarán a cabo a través de indicadores agroclimáticos en las parcelas que se establecerán en las localidades seleccionadas, en los departamentos de Córdoba, Magdalena y Cesar.

Figura 64. Ubicación centros de investigación de Agrosavia en el mapa de Colombia.

Caracterización de los municipios y las zonas

Departamento	Municipio	Latitud norte	Longitud oeste	C.I Agrosavia
Córdoba	Cereté	8°51'05"	75°49'05"	C.I Turipaná
Magdalena	Guacamayal	10°45'51"	74°08'50"	C.I Caribia
Cesar	Agustín Codazzi	10°02'15"	73°14'05"	C.I Motilonia

Latitud y longitud de los centros de investigación donde van a implementar las parcelas experimentales y de validación.

- **Córdoba**

El municipio de Cereté se encuentra ubicado en el departamento de Córdoba, el cual se caracteriza por ser una zona productora de plátano con un total de 29,720 ha, una producción expresado en ton de 306,475 y un rendimiento de entre 6 y 12 ton/ha para el año 2022 (Agronet, 2022).

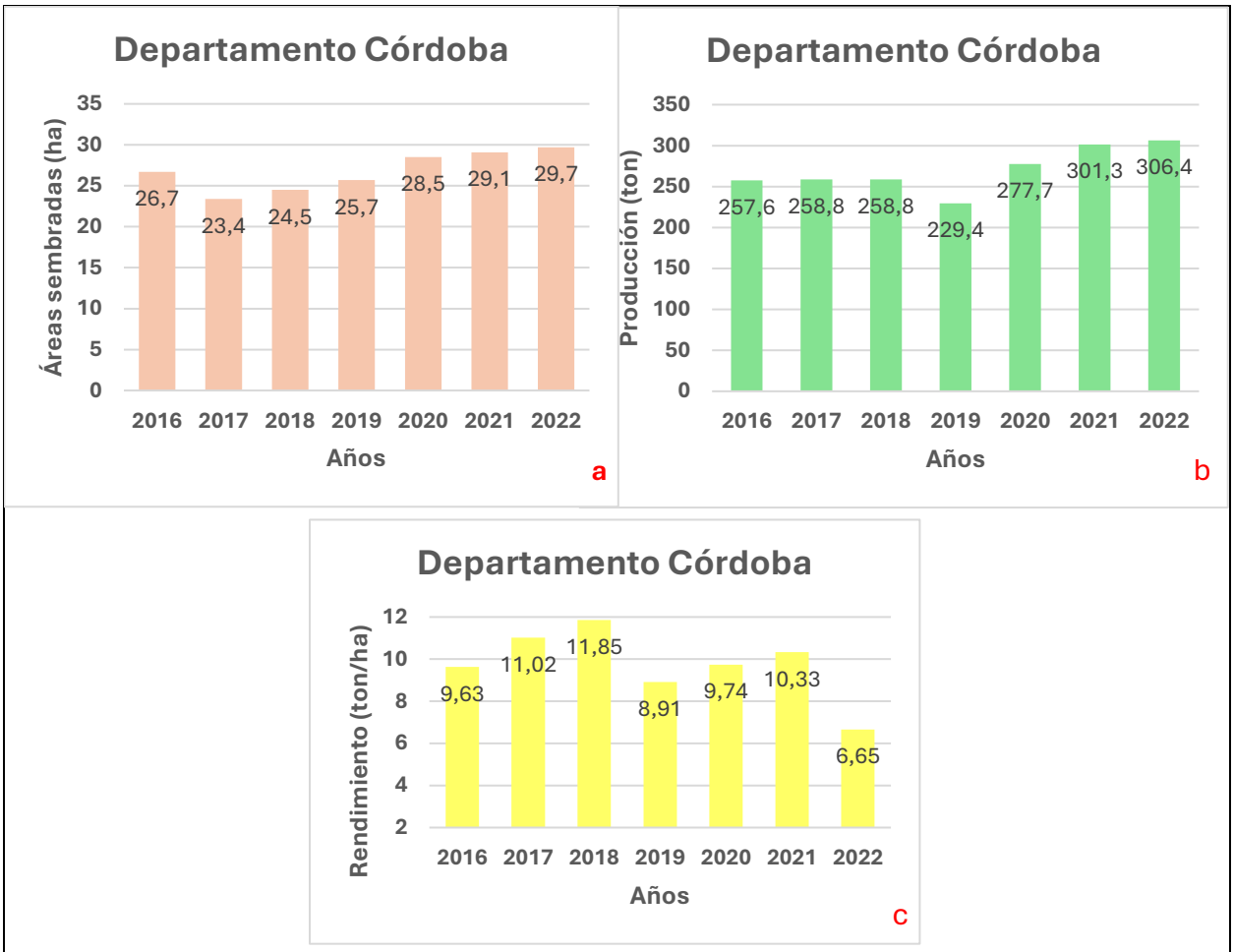


Figura 65. Variables de áreas sembradas, producción y rendimiento en el departamento de Córdoba. a, Áreas sembradas de plátano en el departamento de Córdoba. b, Toneladas producidad en el departamento de Córdoba. c, Rendimiento en el cultivo de plátano en el departamento de Córboda desde 2016 hasta el año 2022. Fuente: Agronet, 2022.

Los municipios de mayor producción en este departamento son Lorica, Tierralta, Moñitos, Los Córdobas, Canalete, Puerto Escondido, Montería, San Bernardo del Viento, Planta rica y Valencia como se observa en la figura 3 (Agronet, 2022).

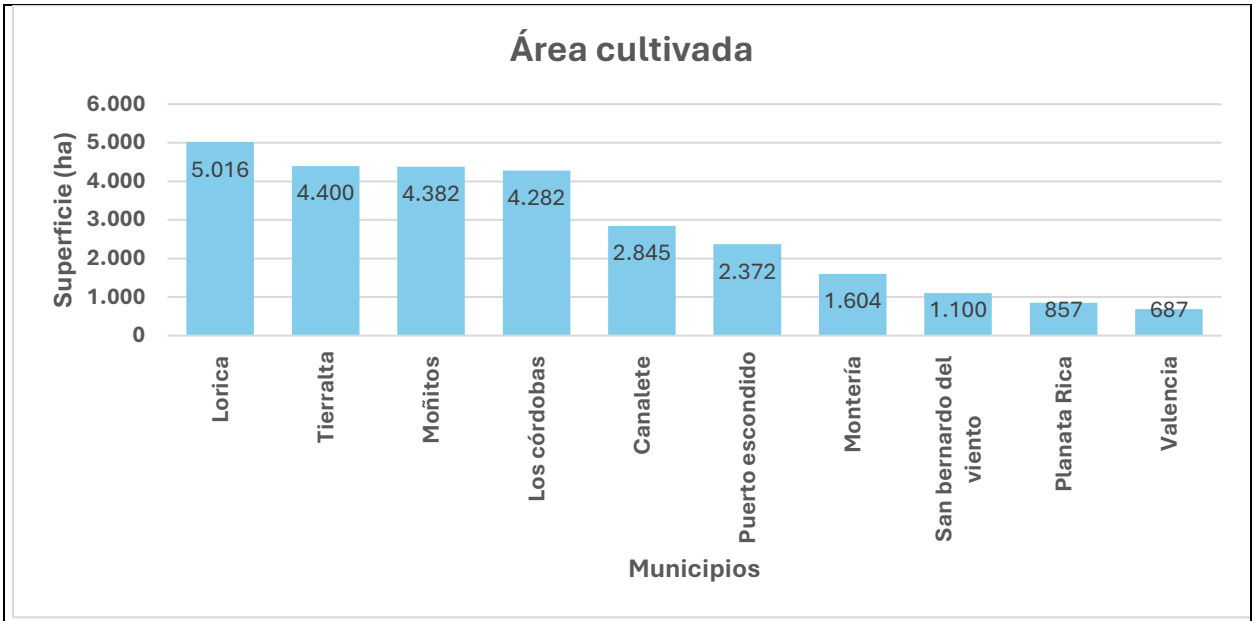


Figura 66. Municipios de mayor producción en el departamento de Córdoba. Fuente: Agronet, 2022.

El centro de investigación Turipaná esta ubicado en el municipio de Cereté en el departamento de Córdoba. La ubicación geografica 8°51'05" latitud norte y 75°49'05" longitud oeste, a 12 metros sobre el nivel del mar (Investigación, 2024).

El C.I presenta una temperatura media de 27,5 grados centigrados, la precipitación media banual de 1.233 milimetos correspondientes a el mes de noviembre, la humedad relativa varía entre el 79 % y el 84 %. Esta región presenta un clima cálido y húmedo, con una temperatura promedio anual de 28 °C y sus meses más cálidos son diciembre, enero, febrero y marzo. (Agrosavia, 2024).

- **Magdalena**

El departamento de Magdalena se encuentra ubicado en la mitad de la zona bananera del pais. La zona de Guayamacal se caracteriza por tener altas temperaturas, temporadas secas prolongadas e intensas lluvias debido a la variabilidad climática.

La producción del cultivo de plátano en la zona cuenta con un total de 3,919 ha, una producción expresado en ton de 30,035 y un rendimiento de entre 7,60 ton/ha para el año 2022 (Agronet, 2022).

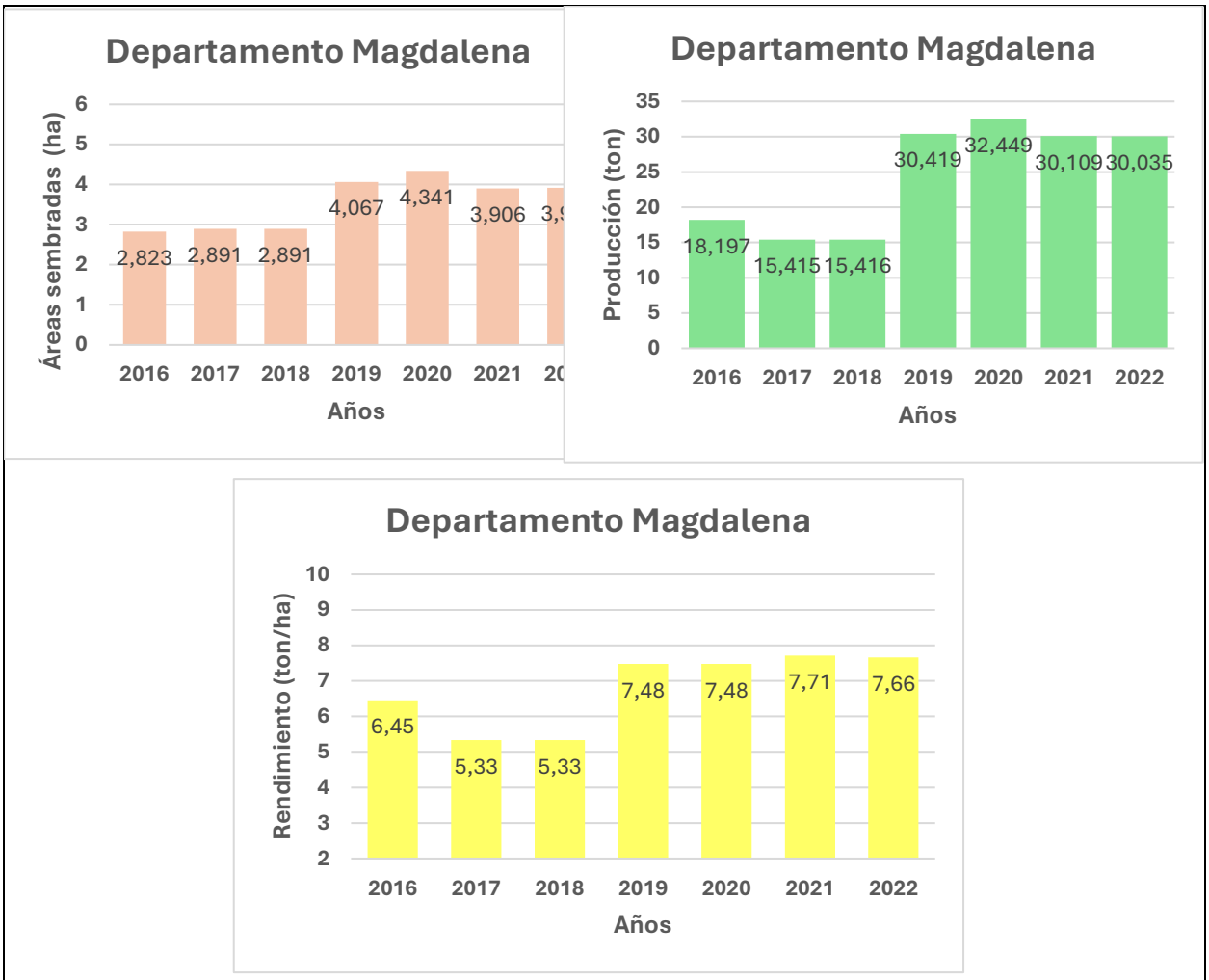


Figura 67. Variables de áreas sembradas, producción y rendimiento en el departamento de Magdalena. a, Áreas sembradas de plátano en el departamento de Magdalena. b, Toneladas producidas en el departamento de Magdalena. c, Rendimiento en el cultivo de plátano en en el departamento de Magdalena desde 2016 hasta el año 2022. Fuente: Agronet, 2022.

Los municipios de mayor producción en el departamento de Magdalena se encuentran ubicados por las condiciones climaticas y las condiciones geograficas. Estos departamentos son Santa Marta, Ciénaga, Aracataca, El Banco y Fundación. Las producciones para el año 2022 se observan en la grafica 6. (Corpamag, 2024; Agronet, 2024).

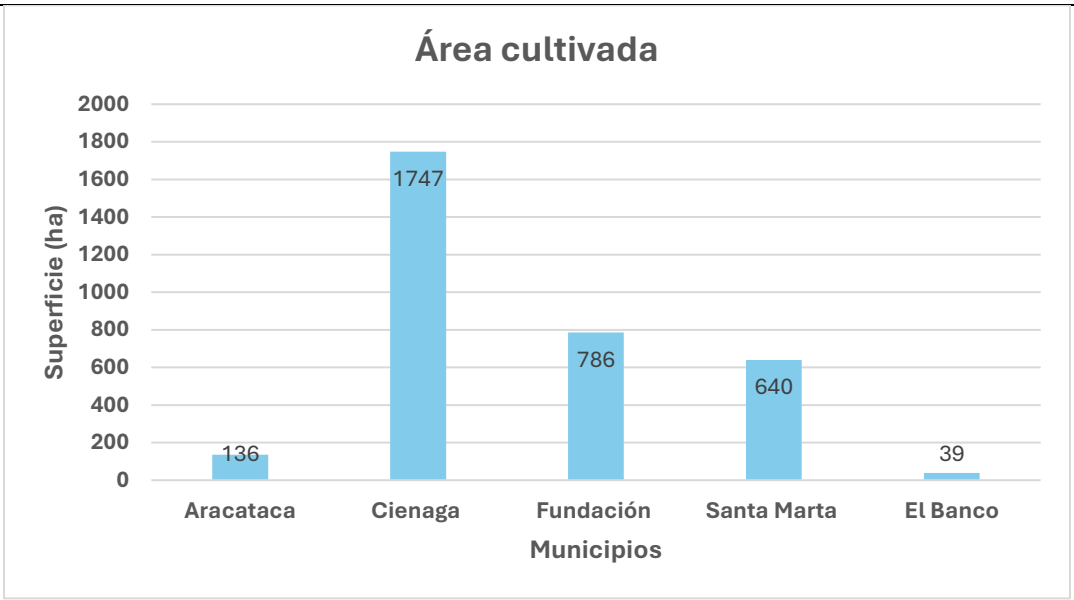


Figura 68. Área cultivada de plátano en los municipios de Magdalena. Fuente: Agronet, 2022.

El centro de investigación Caribia se encuentra geograficamente en el municipio de Guayamacal 10°45'51" latitud norte y 74°08'50" longitud oeste. La zona se caracteriza por tener una temperatura que oscila entre 27 °C y 32 °C, con niveles de humedad que pueden ser elevados durante la temporada de lluvias, la humedad relativa oscila entre un 52% y un 65% (Agrosavia, 2024).

- **Cesar**

El departamento del Cesar se encuentra ubicado en una zona estratégica de la región Caribe Colombiana, se caracteriza por la producción agrícola y ganadera. La producción en el cultivo de plátano con un total de 5,071.00 ha, una producción expresado en ton de 39,375.70 y un rendimiento de entre 7.76 ton/ha para el año 2022 (Agronet, 2022).

La zona de influencia del Centro de Investigación Motilonia incluye áreas que presentan temperaturas cálidas durante todo el año y una marcada variabilidad climática, con temporadas secas prolongadas alternadas con lluvias intensas.

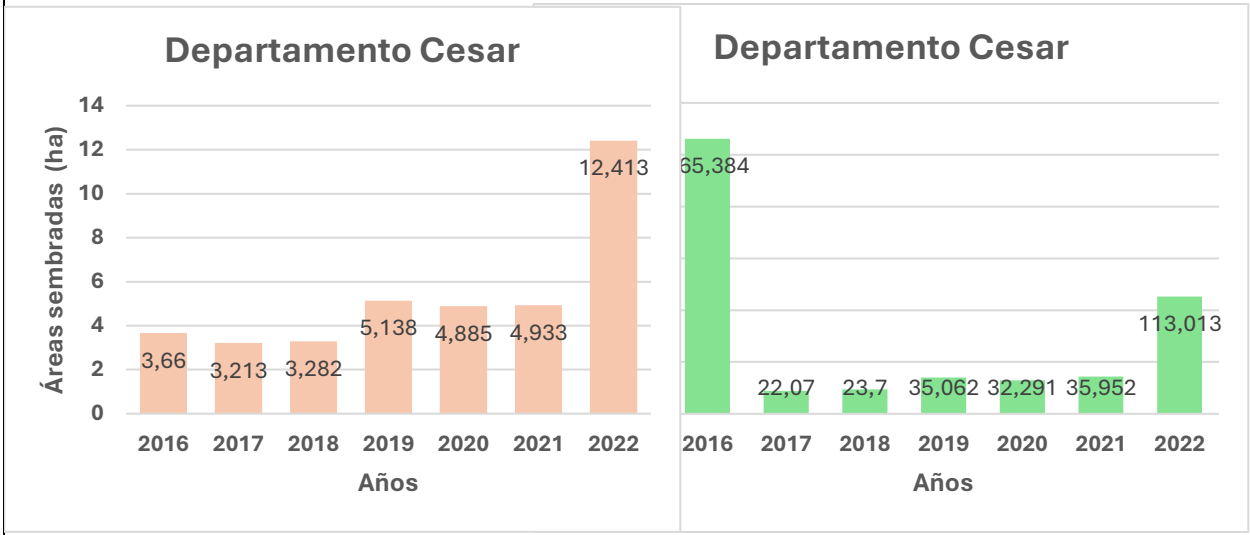


Figura 69. Variables de áreas sembradas, producción y rendimiento en el departamento de Cesar. a, Áreas sembradas de plátano en el departamento de Cesar. b, Toneladas producidas en el departamento de Cesar. c, Rendimiento en el cultivo de plátano en el departamento de Cesar desde 2016 hasta el año 2022. Fuente: Agronet, 2022.

Las zonas o municipios de mayor producción en el departamento son Aguachica, La Jagua del Ibirico, Valledupar, Curumaní, Bosconia, Pailitas, San diego. El total de áreas cosechadas para los años 2016 hasta 2022 como se observa en la figura 8.

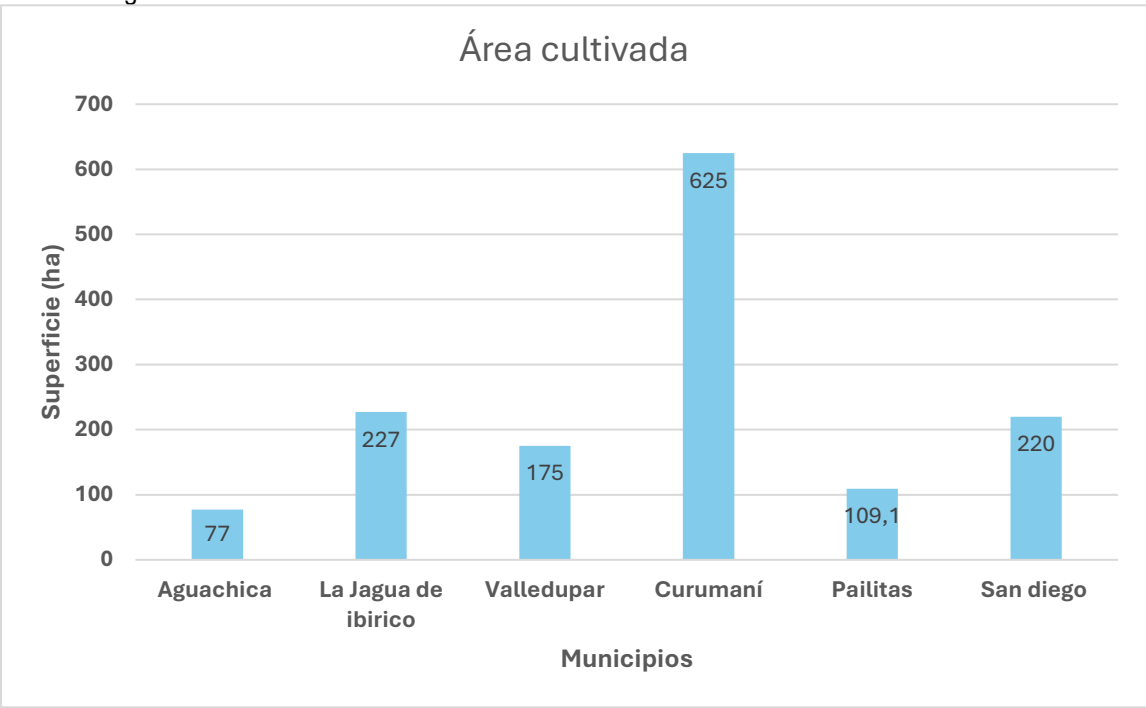


Figura 70. Municipios productores de plátano en el departamento del Cesar. Fuente: Agronet, 2022.

El Centro de Investigación se encuentra geográficamente en el municipio de Agustín Codazzi, con coordenadas aproximadas de 10°02'15" latitud norte y 73°14'05" longitud oeste. La región se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 28 °C y 34 °C, con una humedad relativa que varía entre el 60% y el 80%, dependiendo de la época del año y las condiciones climáticas. (Agrosavia, 2024).

Resumen ejecutivo

Las *musáceas*, en especial el plátano, constituyen uno de los componentes esenciales de la canasta básica familiar en Colombia, desempeñando un rol crucial en la nutrición de la población. El cultivo del plátano se encuentra ampliamente distribuido a lo largo del territorio nacional, contribuyendo significativamente a aspectos económicos y sociales del país. En este contexto, el objetivo de este estudio es desarrollar parcelas de validación y vinculación, evaluando condiciones de adaptación a la variabilidad, el cambio climático y la producción de biomasa durante el ciclo productivo del cultivo.

Capítulos que se van a desarrollar

Caracteristicas de la variedad (clon) en la zona Caribe Colombiana

Para la zonas donde se tendrán las parcelas experimentación y validación se tendrán dos variedades (clones):

- Dominico Hartón
- Hartón

La variedad de plátano Hartón es una de las más cultivadas en Colombia debido a su adaptabilidad y valor comercial. En el Pacífico Colombiano, esta variedad es apreciada por su resistencia a climas cálidos y húmedos, típicos de la región. El plátano Hartón se caracteriza por producir racimos con un promedio de 5 ± 1 manos, con un total aproximado de 25 ± 5 dedos por racimo. El peso de los racimos varía entre 6 y 15 kg, con un promedio de 10 kg y sus frutos son de gran tamaño. (Pulgarín *et al*., 1999)

El genotipo de plátano Dominico Hartón se caracteriza por que los frutos varian de tamaño según la posición en la que se encuentre. El promedio el peso promedio es de 15 a 18 Kg con un total de 7 a 8 manos. (Arcila, 2002).

Monitoreo de parcelas

La parcelas que se van a monitorear en los tres lugares, tendrán un area 2.250 m^2 (figura 9).

		R1			R2			R3			BORDE
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SURCOS FASE1	1										
	2		1	2		1	2		1	2	
	3		4	3		4	3		4	3	
	4										
SURCOS FASE2	5										
	6		1	2		1	2		1	2	
	7		4	3		4	3		4	3	
	8										
SURCOS FASE3	9										
	10		1	2		1	2		1	2	
	11		4	3		4	3		4	3	
	12										
SURCOS FASE4	13										
	14		1	2		1	2		1	2	

	15		4	3		4	3		4	3	
	16										
SURCOS FASE5	17										
	18		1	2		1	2		1	2	
	19		4	3		4	3		4	3	
	20										
SURCOS FASE6	21										
	22		1	2		1	2		1	2	
	23		4	3		4	3		4	3	
	24										
SURCOS FASE7	25										
	26		1	2		1	2		1	2	
	27		4	3		4	3		4	3	
	28										
SURCOS FASE8	29										
	30		1	2		1	2		1	2	
	31		4	3		4	3		4	3	
	32										
SURCOS FASE9	33										
	34		1	2		1	2		1	2	
	35		4	3		4	3		4	3	
	36										

Figura 71. Diseño en campo de las parcelas de experimentación.

Las distancias de siembra serán de 2,5 x 2,5 cm. Se establecerán 12 plantas por repetición, de las cuales se obtendrán muestras de tejido. Cada fase constará de 3 repeticiones, teniendo un borde y dos repeticiones en cada surco y fase, lo que suma un total de 40 plantas por fase. Asi mismo, en cada fase se recolectarán 6 muestras de tejido. En cuanto a los bordes, cada repetición incluirán 8 bordes, que equivaldrán a 28 bordes por fase. El experimento contemplará un total de 9 fases como se observa en la figura 9. Finalmente, el diseño completo involucrará un total de 360 plantas, de las cuales se obtendrán 52 muestras de tejido y se establecerán 108 unidades muestrales.

Estrategia de monitoreo de parcelas

Monitoreo y seguimiento de parcelas : El ciclo de vida del plátano incluye la emisión de entre 38 y 40 hojas, distribuidas de manera regular durante el ciclo del cultivo. Dado que la planta produce aproximadamente una hoja por semana, los conteos se realizarán en intervalos, coincidiendo con las hojas número 8, 16, 24, 32, y culminando con la floración, que ocurre aproximadamente entre las hojas 38 a 40.En cada bloque experimental, las plantas serán marcadas según la emisión foliar y el tratamiento específico correspondiente, lo que permitirá identificar las muestras a recolectar. Se planifica tener cinco periodos de recolección de información, que incluirán etapas destructivas para la obtención de biomasa. Estas etapas coincidirán con los momentos clave previamente establecidos. Para la etapa posterior, que es la floración o belloteo, se realizarán muestreos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la floración. Estos muestreos incluirán el racimo, lo que permitirá analizar el proceso de traslocación de fotosintatos hacia el producto final, es decir, el racimo. Además, en esta etapa se tomarán muestras de diferentes partes de la planta para complementar el análisis. Se deben muestrear las partes de la planta según la etapa en que se encuentre:

Estructuras que se van a muestrear en las plantas de plátano.

Estructura	Muestreo
Raíz	Peso seco de las raíces
Cormo	Obtención de una tajada en posición transversal
Pseudotallo	Porción superficial o área, esta medición se realizará en campo inicialmente a una altura de 50 cm y posteriormente una altura de 100 cm hasta cuando la planta llegue a belloteo.
Hoja	Se medirá la longitud y el ancho de la tercera hoja en sentido ápice-base, estos datos servirán para calcular el área foliar. La fórmula es la siguiente: Área foliar = (l x b) x 0,80246*.
Racimo	Tamaño y peso. Dentro del racimo se encuentra manos y dedos que a su vez van conectados con la pulpa de la fruta y la cascara.
Raquis	Se pesará en posición del raquis con corte encima del nudo después del desmane.
Bellota	Tamaño y peso.

En cada etapa, se deben realizar muestreos de las hojas para evaluar el área foliar, considerando tanto el área individual de cada hoja. Dando el total de la suma de las hojas funcionales presentes en el momento del muestreo. A cada hoja se le medirán el largo y el ancho en cada fase de lectura en la hoja 3 en el sentido ápice base, permitiendo calcular su área foliar. Este análisis periódico es fundamental para establecer correlaciones entre la demanda hídrica del cultivo y la disponibilidad de agua, proporcionando información clave para la gestión eficiente de los recursos hídricos y el desarrollo del cultivo.

Acumulación de biomasa: Para el análisis completo de la biomasa y la composición de las plantas, se realizarán mediciones de peso fresco y peso seco de las estructuras vegetales. El peso fresco total de las estructuras y el peso fresco total de la planta serán determinados, así como el peso fresco de la muestra de las estructuras o partes de la planta. A partir de estos datos, se calculará el peso seco de la muestra de las estructuras y su porcentaje correspondiente. Estos valores permitirán derivar el peso seco total de las estructuras y el peso seco total de la planta, los cuales son fundamentales para obtener las curvas de acumulación de biomasa fresca total y curvas de acumulación de biomasa fresca por estructura. También se calcularán las curvas de acumulación de biomasa seca total y las curvas de acumulación de biomasa seca por estructura, proporcionando el crecimiento y desarrollo de la planta a lo largo del tiempo y del ciclo vegetativo.

Adicionalmente, se realizará un análisis en fase de hoja 20 y en la última fase entre 90 y 120 días para establecer la composición química de las estructuras a través de un análisis de tejido, que permitirá establecer las curvas de contenido de nutrientes por estructura y las curvas de contenido de nutrientes total. este análisis incluirá nutrientes esenciales como Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Manganeso (Mn), y Molibdeno (Mo).
Se evaluarán tres momentos durante el ciclo general del cultivo, las cuales son:

1. Variables de crecimiento
2. Variables de desarrollo
3. Variables de producción

1. <u>Variables de crecimiento</u>

En el análisis del crecimiento de las plantas, se registrarán variables para evaluar su desarrollo morfológico y fenológico. Se medirá la altura de la planta y el perímetro del pseudotallo. Además, se contabilizarán el número de hojas emitidas y el número de hojas funcionales, lo cual permitirá evaluar la funcionalidad del follaje en diferentes etapas del ciclo de desarrollo del cultivo.
Para cada hoja, se tomarán las dimensiones de largo y ancho, lo que permitirá calcular la superficie foliar individual o el área de cada hoja. A su vez, se calculará la superficie foliar de las hojas funcionales, que son las hojas con actividad fotosintética activa.
La tasa de emisión foliar semanal será determinada para comprender la velocidad de crecimiento foliar a lo largo del tiempo. Finalmente, se determinará el número de hojas en la floración, la cual se considera la fase reproductiva de la planta.

2. <u>Variables de desarrollo</u>

Para el análisis temporal del cultivo, se registrarán varias fechas que son clave durante el ciclo de vida de la planta. La fecha de siembra marca el inicio del ciclo, seguido de la fecha de floración, que indica el momento en que la planta comienza su fase reproductiva. Posteriormente, se registrará la fecha de cosecha, que señala el final del ciclo productivo.
Las fechas de lecturas de variables serán determinadas en diferentes momentos del ciclo para evaluar el desarrollo de las plantas. A partir de estas fechas, se calcularán diversos intervalos, como los días de siembra a floración, que indican el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la floración. De igual manera, se calcularán los días de siembra a cosecha y los días de floración a cosecha, proporcionando información sobre el tiempo total desde la siembra hasta la cosecha, y el intervalo específico entre la floración y la cosecha, respectivamente.
Finalmente, se evaluará la duración de las hojas, que corresponde al período durante la cal las hojas permanecen activas y funcionales dentro del ciclo de vida de la planta.

3. Variables de producción

En el análisis de la producción del racimo, se determinarán varias características que son claves para evaluar su rendimiento y calidad del peso del racimo, el número de manos que componen el racimo, así como el peso de la mano, proporcionando una medida de la biomasa en cada parte del racimo. Además, se calculará el número de dedos por mano, lo que permitirá determinar el peso de frutos en cada mano, y el número total de dedos por racimo, que indica la cantidad total de frutos en el racimo.

Para evaluar la calidad de los frutos, se medirá el peso promedio de dedo por mano, que proporciona una estimación del tamaño de los dedos en cada mano, junto con la longitud del dedo medio de la mano dos y el perímetro del dedo medio de la mano dos, permitiendo conocer las dimensiones de los frutos de manera más detallada.

También se calculará la relación pulpa/cáscara, siendo un indicador importante de la cantidad comestible del fruto, ya que se mide la proporción entre la pulpa útil y la cáscara no comestible. Para comprender mejor las propiedades nutricionales y químicas del fruto, se llevará a cabo un análisis de la composición química del fruto, que incluirá diversos nutrientes y compuestos. finalmente, se realizará una caracterización del almidón en el fruto. El cultivo de plátano requiere practicas agronómicas para prevenir plagas o enfermedades, donde se deben tener en cuenta las variables climáticas y las condiciones tanto físicas como químicas del suelo de cada una de las zonas.

Variables sanitarias

En el manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de plátano, se llevará a cabo un monitoreo exhaustivo y se aplican estrategias preventivas o correctivas para asegurar la salud de las plantas. Se realiza un seguimiento continuo del Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis),* un sistema de monitoreo que permite evaluar la presencia y evolución de la enfermedad en el cultivo. Este estado se determinará para identificar la etapa de desarrollo de la enfermedad, incidencia de la enfermedad sobre las hojas. De esta forma tomar decisiones adecuadas.

El manejo de la sigatoka tendrá en cuanta la predicción climática favorables para el desarrollo de la enfermedad, permitiendo implementar medidas preventivas antes de su aparición. Además, el manejo sigatoka implementará la observación de señales biológicas, como la aparición de síntomas en las plantas.

Por otro lado, se realiza un monitoreo de picudo (*Cosmopolites sordidus*), una plaga que afecta el desarrollo de los racimos. Este monitoreo permite identificar la presencia del insecto, su ciclo de vida y aplicar las medidas necesarias para controlar su propagación, protegiendo así la productividad del cultivo.

Variables climáticas

El cultivo de plátano está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, que influyen significativamente en su desarrollo y la productividad. Estos caracteres afectan la calidad, el tamaño del fruto, el ciclo vegetativo del cultivo y el cultivar o genotipo implementado. En diversas zonas del país el cultivo de plátano se va visto afectado por factores como radiación, temperatura, precipitación y humedad relativa (Cayón *et al*., 1998, Salinas, 2004).

La pluviosidad es un factor clave, ya que el plátano requiere una cantidad apropiada de agua durante todo el ciclo del cultivo para crecer de manera óptima. La cantidad de horas sol está directamente relacionado con la fotosíntesis que es uno de los promotores de crecimiento en el cultivo de plátano. Por otro lado, la humedad relativa afecta la tasa de transpiración y la disponibilidad de agua en el suelo. La temperatura es otro factor crítico, ya que el plátano prefiere temperaturas cálidas para favorecer el desarrollo del cultivo (Salinas, 2004). Las fluctuaciones en cualquiera de estos parámetros pueden afectar tanto el crecimiento como la calidad del racimo, por lo que el monitoreo de estas variables es esencial para una gestión adecuada del cultivo. (Salinas, 2004). El cultivo de plátano es sensible tanto a condiciones de excesos como de déficit, todas las variables climáticas afectan de gran forma la producción de raíces, el desarrollo adecuado de los cormos, tamaño o afectación en las hojas y la disminución en el tamaño y peso de los racimos. Para el monitoreo de las condiciones climáticas en los centros de investigación, se instalarán estaciones meteorológicas en cada una de las localidades seleccionadas, ubicadas en parcelas a diferentes altitudes. En total, se establecerán tres estaciones meteorológicas, cada una equipada con la plataforma Fieldclimate - µmetos 280-mws (2G, 3G, 4G), con tarjeta SIM para comunicación. Además, cuentan con una interfaz interna PCB

para: 1 sensores XPess LInstruments, 4 sensores Watermark, 1 sensor de temperatura del suelo, y el sensor PI 54-D de LInstruments para medir la humedad y temperatura del suelo, con un cable de 5 metros. Esta plataforma permitirá la gestión de la información climática en tiempo real y la generación de una Big Data y climatología durante la ejecución del proyecto. Cada estación contará con un servicio de interfaz de programación de aplicaciones (API), suministrado por el proveedor de las estaciones.

Estas estaciones se encuentran en el centro de investigación Turipaná con coordenadas 8°50'60.0"N 75°48'57.1"W.

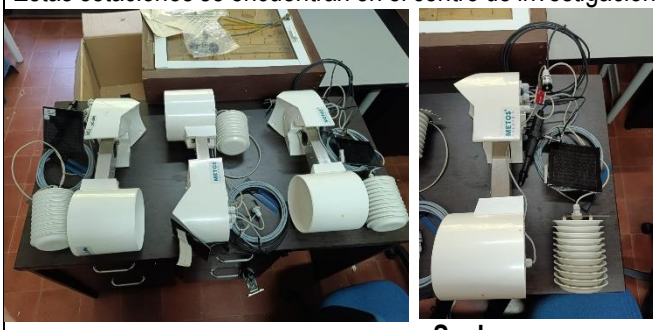


Figura 10. Partes de las estaciones meteorológicas.

Suelo

El éxito del cultivo de plátano depende en gran medida de

las condiciones del suelo, las cuales deben ser monitoreadas. Las muestran estarán distribuidas en muestras disturbadas y no disturbadas de la siguiente forma:

- Muestras disturbadas

1. Propiedad: física textura, estabilidad agregados y húmedas. Muestreo inicial: muestras compuestas de suelo de puntos de colecta de 0-30 cm (1,5 Kg). Compuesta de submuestras.

Muestreo final: muestras al azar de 0-30 cm (1,5 Kg). Compuesta de submuestras.

2. Propiedad: Química fertilidad completa de suelo y foliar micro y macro) Muestras compuestas por puntos de colecta de 0-30 cm, en Suelo Muestras foliares compuesta por 3 hojas del segmento del tercio medio (0,8 Kg), foliar

3. Propiedad: Biológica Biomasa microbiana, respiración basal o microbiana Muestras compuestas por suelo colectadas de puntos diferentes de 0-5 cm (0-5 Kg).

- Muestras no disturbadas

1. Propiedad: física Densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica Se toman con cilindros.

Conclusiones

- Se avanzó considerablemente en la elaboración del protocolo, definición de variables, arreglos de densidades, arreglos de siembra, localidades, entre otros. Ahora se continuará con la revisión de parte del equipo y de adelantarán ajustes para su consolidación e implementación durante los siguientes años del proyecto en las zonas priorizadas.

Recomendaciones - Pasos a seguir

Consolidación, revisión y ajuste de parte del equipo en pleno del proyecto de musáceas, para su implementación en campo.
Evidencias – Anexos

Tabla 54. Talleres de capacitación: Implementación para los gremios en los procesos de toma de decisiones para mejorar su prestación de servicios relacionados con el clima a los agricultores.

Componente
Componente 2
Eje
Eje 3
Actividad GCF
Actividad 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático. Subactividad 2.1.1. Codiseño de planes de implementación para los gremios en los procesos de toma de decisiones para mejorar de manera rentable su prestación de servicios relacionados con el clima a los agricultores.
Tipo de producto de comunicación:
Reunión presencial
Nombre
Intercambio de experiencias.
Objetivo
Aplicar los instrumentos de recolección de información primaria en campo, Agrosavia se compromete con la gestión para acordar una reunión con Fedepapa y CIAT para realizar la primera sesión de trabajo para identificar las capacidades del gremio para la primera semana del mes de octubre.
Justificación
Para aplicar los instrumentos de recolección de información primaria en campo, Agrosavia gestionó la reunión con Fedepapa y CIAT para realizar la primera sesión de trabajo e identificar las capacidades del gremio. Con la metodología propuesta, el cuatro de octubre se realizó el diagnostico de las capacidades de la Federación Colombiana de Productores de Papa Fedepapa, en el diagnostico participo Camilo Niño director de Investigación y transferencia de tecnología y Steven Riascos director de asociatividad y fortalecimiento empresarial del Fondo Nacional Para el Fomento de la Papa (FNFP) como representantes de la Federación; durante el desarrollo de la actividad se realizó el registro de las preguntas en el formato indicado, se realizó una relatoría por parte de Agrosavia (Anexo 2.1.3), la grabación del audio de la reunión y su respectiva transcripción (Anexo 2.1.4).Durante los meses de octubre y noviembre el equipo del eje 5 del componente 3 de AGROSAVIA construyó el documento de diagnóstico de las capacidades del gremio (Anexo 2.1.5), utilizando los documentos ya mencionados anteriormente y la información secundaria disponible en diferentes medios y publicaciones que también se registraron en un documento adicional (Anexo 2.1.6 Documento de información secundaria); en el desarrollo de este documento se cuenta con la edición por parte del equipo del eje 5 de la Alianza Bioversity-CIAT.
Público objetivo
• Federación Colombiana de Productores de Papa Fedepapa
Medios utilizados
Durante los meses de octubre y noviembre el equipo del eje 5 del componente 3 de AGROSAVIA construyó el documento de diagnóstico de las capacidades del gremio (Anexo 2.1.5), utilizando los documentos ya

mencionados anteriormente y la información secundaria disponible en diferentes medios y publicaciones que también se registraron en un documento adicional (Anexo 2.1.6 Documento de información secundaria); en el desarrollo de este documento se cuenta con la edición por parte del equipo del eje 5 de la Alianza Bioversity-CIAT. Cuando el documento ya se encuentre finalizado se compartirá con los representantes de la Federación para sus ajustes a más tardar la primera semana de diciembre, y poder coordinar la construcción del entregable plan de acción del gremio en reunión tentativa para la segunda semana del mes.
Tags o hashtags
Imagen de la publicación
Enlaces
• Sin Reporte
Reporte de alcance y métricas (al mes)
• Sin Reporte
Recomendaciones - Pasos a seguir
• Fortalecer la comunicación en el marco de la actividad correspondiente.

Tabla 55. Talleres de capacitación: Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores.

Componente
Componente 2
Eje
Eje 3
Actividad GCF
Actividad 2.2. Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático. Subactividad 2.2.1 Reforzar las capacidades de los gremios y de los agricultores en materia de adaptación y mitigación del clima y fomentar el intercambio de conocimientos entre los grupos de agricultores
Tipo de producto de comunicación:
Reunión presencial
Nombre
Planeación de talleres a productores
Objetivo
Planear la realización de talleres con productores
Justificación
Se adelantaron reuniones de planificación con el equipo de trabajo para elaborar una ruta de trabajo que dé cumplimiento a las metas propuestas, dentro de estas reuniones se priorizaron las siguientes acciones (1) generación de una lluvia de ideas de posibles módulos, temáticas y metodologías para el diseño del plan curricular que fortalezca las capacidades en adaptación y mitigación al cambio climático de técnicos y extensionistas del gremio, (2) Generación de una lluvia de ideas de posibles módulos, temáticas y metodologías para el diseño del plan de extensión en adaptación y mitigación al cambio climático para productores de papa. (3) se adelantó reunión con aliados para determinar una estrategia de trabajo en conjunto y articular acciones con Fedepapa para diseñar el plan de fortalecimiento y extensión. (4) se

realizó el trámite de elaborar y cargar la FT y planificar la participación en ferias como la feria nacional de la papa en Villapinzón (9 y 10 de noviembre) y Tunja (16 de noviembre). (5) se definió y se construyó la FT para talleres con agricultores para la socialización del proyecto y se realizara el ejercicio de intercambio de saberes propuesto por parte de investigador Fabio Martinez, se definieron las fechas iniciales para el 14 y 15 de noviembre, en los municipios de Samacá y Toca en Boyacá.

Los días 9 y 10 de noviembre el proyecto CAS participó en el evento más grande y representativo del sector papero en Colombia, la Primera Feria Nacional de la papa, organizada por Fedepapa en el Centro Agroindustrial de la Papa en Villapinzón, Cundinamarca (figura 42). Allí se contó con un stand de Agrosavia y uno del CIAT en el que brindamos la información del proyecto y dimos a conocer las ofertas de la corporación que contribuyen en la resiliencia al cambio climático como los bioproductos Tricotec para el manejo de rizoctonia, Baculovirus para el manejo de polilla guatemalteca, las variedades Agrosavia Mary, Perla Negra con tolerancia a gota y al stres hídrico y los minitubérculos de las variedades comerciales. Allí se tuvo la oportunidad de socializar el proyecto, identificar y preescribir potenciales beneficiarios directos de los desarrollos del proyecto. Se realizaron dos charlas académicas sobre el proyecto y el cambio climático (figura 43). La participación en la feria y la socialización del Proyecto CAS se dio a conocer en las redes sociales de la corporación mediante notas como la que se muestra en la figura 44. El 16 de noviembre se participó en el día departamental de la papa en Tunja-Boyacá, en se dieron a conocer las actividades planeadas en el proyecto CAS y se realizó la

preinscripción de beneficiarios del proyecto (Figura 45).

Se participó en la MTA de Cundinamarca realizada el 27 de octubre en Fusagasugá. Allí se realizó la socialización del Plan Rector Nacional de Comunicaciones de las MTA. Se tiene programada la participación de Agrosavia en las MTA de Cundinamarca el 5 de diciembre en Villapinzón y Nariño el 11 de diciembre en Pasto.

Público objetivo

- Investigadores Agrosavia CIAT-Productores

Medios utilizados

Oportunidad de socializar el proyecto, identificar y preescribir potenciales beneficiarios directos de los desarrollos del proyecto. Allí se contó con un stand de Agrosavia en el que brindamos la información del proyecto y se dio a conocer las ofertas de la corporación que contribuyen en la resiliencia al cambio climático como los bioproductos Tricotec para el manejo de rizoctonia, Baculovirus para el manejo de polilla guatemalteca, las variedades Agrosavia Mary, Perla Negra con tolerancia a gota y al stres hídrico y los minitubérculos de las variedades comerciales. Se tuvieron sesiones académicas en las que se dio a conocer el proyecto..

Tags o hashtags

Imagen de la publicación

Figura 72. Participación del proyecto CAS en la Primera feria nacional de la papa.

Figura 73. Jornadas académicas en la primera feria nacional de la papa en Villa Pinzón noviembre 9 y 10.

Figura 74 Participación del proyecto CAS en el día departamental de la papa en Tunja, Boyacá.

Figura 75. Talleres realizados en a. Samacá, Boyacá, b. Pupíales, Nariño y c. Chipaque, Cundinamarca.

Enlaces

Figura 76. Nota publicada en las redes sociales de Agrosavia

Reporte de alcance y métricas (al mes)

Se realizaron talleres con agricultores para la socialización del proyecto y preregistro de beneficiarios, el 14 de noviembre en Samacá, Boyacá, el 15 en Combita Boyacá y Pupiales Nariño y el 27 de noviembre en Chipaque-Cundinamarca. Se viene adelantando por parte del equipo de Agrosavia la construcción del plan de fortalecimiento a extensionistas y plan de extensión agrícola, la propuesta se encuentra adelantada en buena medida y se tiene programada para el lunes 9 de diciembre la socialización con los aliados (Anexo 2.2.1). Se recibió capacitación para el manejo del aplicativo ODK que se emplea para el registro de eventos, registro de asistentes y reporte del evento. Se descargó en los celulares. En papa ya se tienen más de 300 preinscritos. Se participó en la MTA de Cundinamarca realizada el 27 de octubre en Fusagasugá. Allí se realizó la socialización del Plan Rector Nacional de Comunicaciones de las MTA. Se tiene programada la participación de Agrosavia en las MTA de Cundinamarca el 5 de diciembre en Villapinzón y Nariño el 11 de diciembre en Pasto.

Recomendaciones - Pasos a seguir

- Fortalecer la comunicación en el marco de la campaña correspondiente.

Tabla 56. Talleres de capacitación: intercambio de experiencias para generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático cultivo maíz.

Componente
1
Eje
2
Actividad GCF
Actividad 1.4. Generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático Subactividad 1.4.2. Mejora del rendimiento de modelos de predicción climática, modelos de procesos fisiológicos y de plagas y enfermedades (Sensoramiento remoto).
Tipo de taller o capacitación
Reunión de equipo de trabajo de Agrosavia para unificar la metodología de trabajo en el sensoramiento remoto del cultivo de maíz. En esta reunión participaron investigadores y profesionales de CI NATAIMA (Tolima), CI LA LIBERTAD (Villavicencio) y CI TURIPANÁ (Córdoba).
Nombre
Taller de intercambio de experiencias en el abordaje de las brechas de sensoramiento remoto del cultivo de maíz.
Objetivo
Unificar las metodologías de experimentación.
Justificación
Implementación del Plan de Acción de Género, en especial lo relacionado con el fortalecimiento de las capacidades de cada gremio para la gestión de asuntos de género
Actores involucrados
• Investigadores Agrosavia
Agenda
Convocatoria: Evidencia
Envió de correo personalizado
No. Invitados
10
Tipo de invitados
Investigadores
No. Asistentes
10
Tipo de asistentes
• Agrosavia
Registro fotográfico

Figura 1. Reunión de equipo de trabajo de Agrosavia para unificar la metodología de trabajo en el sensoramiento remoto del cultivo de maíz.

Lista de asistencia

No reporto

Resultados

Como resultado, se obtuvieron dos documentos: uno que sugiere las evaluaciones en campo para iniciar el desarrollo de un sistema de alerta temprana de algunas plagas y enfermedades en el cultivo de maíz (Anexos 1 y 2) y otro documento que busca validar algunas estrategias de agricultura de precisión para mejorar la productividad y contribuir con la adaptación al cambio climático (Anexo 3). Con estos protocolos, se iniciaron las actividades en campo en los departamentos de Córdoba y Tolima. Para el caso del Tolima, se realizó la definición de tratamientos de riego y nutrición; Estas propuestas se basan en la mejora de la gestión del riego a través de la implementación de un tratamiento de riego basado en la programación de riego del programa CropWat y un sistema de riego de múltiples entradas (MIRI) para conducir el agua. Además de ello, como segundo pilar se tiene la implementación de estrategias de biofertilización y manejo sostenible del cultivo con el fin de reducir la huella ambiental generada por el uso de excesivo de fertilizantes y defensivos de síntesis química. Una vez definidos los tratamientos, se realizó la planificación de los factores suplementarios como lo son; tamaño de parcela, diseño experimental, toma de muestras de suelo, definición de genotipo a evaluar, selección de lote, entre otros. Para el factor de la dinámica de plagas; se revisó metodología junto con un profesional de FENALCE sobre el sensoramiento remoto para la evaluación de *Dalbullus maidis*, desde el monitoreo para la definición de la distribución espacial del insecto junto con la obtención de imágenes satelitales o de drone para poder calcular índices de vegetación y poder posteriormente correlacionar con las poblaciones del insecto. Mientras que, para el componente de enfermedades; la investigadora de Agrosavia Angela Vargas hizo el envío a CIAT, de un protocolo para la evaluación con las escalas de evaluación para el monitoreo de enfermedades en el cultivo de maíz. Se hizo ajustes de metodologías para medición de variables de sensoramiento remoto y proximal; en los cuales se ajustaron las metodologías para la medición y/o cuantificación de los diferentes parámetros o variables respuesta que conforman los modelos para el ajuste de índices de vegetación y parámetros de predicción de rendimiento.

Recomendaciones - Pasos a seguir

- Definición de protocolos de experimentación unificados

Tabla 57. Documentos de investigación para Evaluar las capacidades, oportunidades y necesidades de FEDEPANELA para responder a las demandas de los agricultores en cuanto a gestión del clima y de sus efectos

Componente
3
Eje
5
Actividad GCF
Activity GCF 3.1.1 Strengthen gremios capacities to use digitally enabled tools that improve the provision of services to farmers with emphasis on profitable production system that also reduce GHG emissions and increase climate-resilience Actividad POA 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático
Tipo de documento: Diagnóstico, reporte, entre otros
Metodológico
Objetivo
En este producto se obtuvo la metodología para registrar la información primaria de las subactividades 2.1.1 Fortalecer las capacidades de gremios para utilizar herramientas habilitadas digitalmente que mejoren la prestación de servicios a los agricultores con énfasis en un sistema de producción rentable que también reduzca las emisiones de GEI y aumente la resiliencia climática y 2.1.2 Coordinar con productores, gremios, compradores y otros actores de las cadenas de valor, para priorizar las oportunidades de mejora, así como las barreras que limitan escalar las prácticas bajas emisiones y resilientes al clima.
Justificación
El presente producto contribuye a la Actividad 2.1. Gremios fortalecidos, con capacidad de gestionar el cambio climático y subactividades 2.1.1. y 2.1.2. que se realizan de manera coordinada entre ALIANZA BIOVERSITY-CIAT, FEDEPANELA (Federacion Nacional de Productores de Panela) y AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).
Antecedentes
Dados los objetivos del proyecto y su componente 3, con esta actividad se contribuye al fortalecimiento de capacidades de FEDEPANELA en cuanto a la gestión del clima y todos los aspectos temáticos que se han priorizado en el proyecto. La metodología concertada y consolidada facilitará el registro de información primaria y actualizada del gremio y entidades aliadas en cuanto a necesidades, capacidades y oportunidades, al igual que bajo la estructuración del mapa de actores y redes de innovación de la agroindustria panelera.
Metodología
La construcción participativa de las necesidades, oportunidades y capacidades de FEDEPANELA es necesaria para el desarrollo de un plan de mejora del gremio en cuanto a la gestión del clima. A partir de entrevistas estructuradas será posible recopilar la información detallada de las áreas técnica, administrativa, financiera, social empresarial y sistemas de información del gremio en la actualidad. Se realizarán al menos tres sesiones de trabajo con el gremio en las que se incluyen: A. La aplicación de la entrevista se realizará con la priorización de informantes clave de FEDEPANELA, que incluyen los roles asociados con las direcciones nacionales. Los profesionales de estas áreas deben contar con conocimiento técnico y asociados a áreas de toma de decisión del gremio, de manera deseable en asuntos de gestión del clima. La entrevista estructurada contará con dos formatos y preguntas orientadoras así:

- **Agricultura digital y gestión del clima que incluye también servicios de extensión y género**.

Gestión del clima

1. En los últimos cinco años, ¿cuáles han sido los territorios en Colombia en donde los cultivos de _____ han enfrentado mayores problemas debido a amenazas climáticas y cuáles han sido esos problemas?
2. ¿Por qué cree que ese (esos) territorio(s) ha(n) sido más afectado(s) que otros?
3. ¿A través de qué procesos o espacios el gremio obtiene o analiza datos e información sobre el clima? (p.ej. ¿Participan en Mesas Técnicas Agroclimáticas donde analizan la información?, ¿Tienen una persona o área encargada de procesar datos agroclimáticos? ¿Acceden a información de estaciones meteorológicas?).
4. ¿El gremio cuenta con algún sistema formal establecido para mapear las amenazas climáticas en los territorios en donde tiene presencia?, de ser así, ¿en qué consiste ese sistema?
5. ¿Cómo se comparte esta información con los/las productores/as? (condicionada a 4)
6. ¿Existen procedimientos estándar para indicarle al gremio (parte técnica, administrativa o directiva) cómo actuar en caso de una emergencia climática?, en caso de que sí los haya, ¿en qué consisten?
7. ¿Existen procedimientos estándar que le indiquen a los/las productores/as cómo actuar en caso de una emergencia agroclimática? en caso de que sí los haya, ¿en qué consisten?
8. ¿Cómo se comparte esta información con los/las productores/as? (condicionada a 7)
9. De las acciones/iniciativas que está implementando el gremio para ayudar a los/las productores/as a enfrentar las amenazas climáticas, ¿cuáles considera que son las de mayor impacto y por qué?
10. ¿Algunas de las acciones para hacer frente a las amenazas del clima incluyen a otros eslabones de la cadena de valor? ¿cuáles? (condicionada a 9)
11. ¿Cómo financia el gremio las actividades de gestión del clima? (condicionada a 9)
12. ¿Cómo hacen seguimiento, medición y evaluación a la gestión del clima en el gremio? (condicionada a 9)
13. ¿Tienen un sistema que les permita monitorear la producción de sus productores en relación con el clima? (rendimientos, fertilidad del suelo, salud del animal si aplica) (condicionada a 12)
14. ¿Tienen un sistema que les permita monitorear la vulnerabilidad de las familias productoras en relación con las condiciones climáticas? (condicionada a 12)
15. Hay alguna iniciativa/acción que quizás no esté implementada aún, pero que el gremio ya haya planificado para ayudar a sus afiliados/as a controlar las amenazas del clima? (No incluye las actividades que se están planificando/desarrollando desde el proyecto) .
16. ¿Cómo han pensado que podrían financiarse en el futuro las actividades de gestión del clima en la entidad? (condicionada a 15)
17. ¿El gremio tiene relaciones económicas y comerciales que incentiven directamente las formas de producción sostenibles? (por ejemplo, mejores pagos o entrega de otros beneficios)
18. ¿Cómo está constituido el servicio de extensión de la organización alrededor de los temas de gestión del clima?
19. ¿Cuáles son los medios de comunicación que se usan para compartir con productores información sobre amenazas climáticas o acciones para hacer frente a sus riesgos?
20. ¿A través de qué medio se informa el gremio acerca de las demandas de los productores, especialmente las demandas relacionadas con amenazas climáticas?
21. ¿Cuáles considera que son las principales fortalezas del gremio en materia de gestión del clima?
22. ¿Cuáles son los principales obstáculos que han identificado para implementar iniciativas de gestión clima?
23. ¿Hay algo en el marco de la gestión del clima que le gustaría añadir a lo que hemos conversado?

Del servicio de extensión

24. ¿A cuántos agricultores promedio atiende cada uno de los profesionales del sistema de extensión? ¿Es suficiente respecto a la cantidad de productores asociados al gremio?
25. ¿Existen protocolos/ metodologías/ instructivos u otros estándares para realizar las actividades de extensión agrícola? Puede ampliar su respuesta por favor.
26. ¿Puede por favor referir las temáticas de mayor y menor interés en los procesos de extensión rural?
27. ¿Cuáles son las principales brechas del servicio de extensión rural para gestionar el clima? (condicionada a 18 y 22)

De género

28. ¿El gremio u organización cuenta con estrategias para incluir el enfoque diferencial o enfoque de género en la prestación de sus servicios? Por favor, amplie su respuesta.
29. Desde su perspectiva, ¿cuáles son las principales brechas de género en el sistema productivo de ____?

Generalidades. Quisiéramos entender cómo funciona la estructura organizacional del gremio.

¿Es posible que nos ayude a hacer un recorrido rápido por las instancias que existen en cada nivel, cómo se componen, quién elige a sus integrantes y cuánto tiempo dura su periodo de representación?

Mejoramiento genético para la adaptación del cambio climático

¿El gremio realiza procesos de mejoramiento genético en función de la variabilidad y el cambio climático? Si la respuesta es sí, continue:

¿Puede contarnos acerca de los resultados más destacados respecto a la resiliencia de las especies mejoradas?

¿Colaboran con instituciones académicas o de investigación para desarrollar tecnologías o enfoques innovadores en mejoramiento genético?

¿Qué métodos utilizan para monitorear el impacto de las variedades mejoradas en la sostenibilidad agrícola?

Uso eficiente del agua

¿El gremio se encuentra implementando estrategias o participa de proyectos que buscan mejorar el uso del agua en los cultivos de sus asociados o en la agroindustria? Sí la respuesta es sí, continue:

¿Cuenta con infraestructura o equipos para realizar estas labores? (incluyen parcelas demostrativas, centros experimentales, laboratorios para el análisis fisicoquímico o biológico)

¿Podría ampliarnos un poco acerca de los resultados más destacados en los programas, proyectos o estrategias desarrolladas para mejorar el uso del agua en el sistema productivo?

¿De qué forma monitorean y evalúan el impacto ambiental de estos programas, proyectos o estratégicas dirigidas a mejorar el uso del agua en el sistema productivo o su agroindustria?

Reducción de emisiones GEI

¿El gremio se encuentra implementando estrategias o participa de proyectos que buscan reducir la emisión de GEI? Sí la respuesta es sí, continue:

¿Podría ampliarnos un poco acerca de los resultados más destacados en los programas, proyectos o estrategias desarrolladas para reducir los GEI en el sistema productivo?

¿Cuenta con la tecnología necesaria para el desarrollo de estas estrategias? ¿Se apoya de universidades o centros de investigación? ¿Cuáles?

Servicios de extensión con enfoque de gestión climática

Tema abordado en parte con la entrevista estándar

¿Cuáles de los siguientes temas son abordados a través de la asistencia técnica y/o extensión rural con enfoque de cambio climático?

Temas	**Marque (x)**
Agricultura digital	
Mejoramiento genético	

Gases de efecto invernadero	
Manejo agronómico y ambiental (p.ej., prácticas sostenibles del uso del suelo)	
Comercialización, valor agregado, mercados diferenciales	
Costos de producción y administración de finca	
Acceso a servicios financieros	
Otro(s) cuál(es)	

¿Cuáles de los siguientes métodos de extensión se usan mayoritariamente para las acciones de extensión del gremio?

Método de extension	**Se usa (si/no)**
Capacitaciones	
Consultorías personalizadas	
Demostración de método	
Días de campo	
Escuelas de campo (ECA)	
Evaluaciones participativas con productores	
Extensión digital / TIC (Aplicaciones móviles, plataformas en línea)	
Giras técnicas	
Parcelas demostrativas	
Programas de intercambio	
Uso de videos, material impreso (boletines etc.)	
Visitas individuales a productores	
Otro: _____	

Valor agregado y mercados inclusivos

¿Desarrolla alguna estrategia para fomentar mercados inclusivos dirigidos a mejorar las condiciones de negociación con productores a pequeña escala? (p.ej. programas de desarrollo de proveedores) Si la respuesta es sí, ¿podría ampliarla por favor?

¿Desde el gremio se financian actividades/ proyectos para que los productores logren certificarse/recertificarse en sellos sostenibles? Si la respuesta es sí, ¿podría ampliarla por favor?

Integración de servicios financieros

¿Cuáles son las inversiones de mayor relevancia que ha realizado el gremio para hacer frente a los impactos del cambio climático en el sistema productivo?

¿El gremio desagrega los costos, gastos e inversiones en gestión climática? ¿De qué forma?

Tiene claridad de ¿qué porcentaje del presupuesto anual del gremio se destina a cada tema de interés del proyecto? ¿Cuáles son las principales fuentes de recursos?

	% del presupuesto	**Fuente de recursos**	**¿Hay continuidad de financiamiento?**
Agricultura digital			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Mejoramiento genético			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Gases de efecto invernadero			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Manejo agronómico y ambiental (p.ej., prácticas sostenibles del uso del suelo)			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Comercialización, valor agregado, mercados diferenciales			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Servicios de extension			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante
Otro(s) cuál(es)			a. no hay financiamiento b. solo cuándo hay proyectos de terceros c. financiamiento constante

¿Desde el gremio, se acompaña a los productores para que accedan a información relacionada con los mecanismos financieros diferenciales disponibles para quienes desarrollan una agricultura sostenible?

Generalidades En materia de gestión del clima, ¿qué otras acciones de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y transferencia tecnológica realiza el gremio? ¿Cuentan con datos o informes que nos puedan compartir donde podamos ver los resultados que han obtenido en sus procesos de agricultura sostenible adaptada al clima? (p.ej. acciones relacionadas con la agricultura digital, mejoramiento genético, uso eficiente del agua, reducción de GEI u otros) B. Segunda sesión en la cual se profundizará en temas relacionados con la gestión climática y de las cuales no se haya dado suficiente profundidad en la 1ra sesión. C. Construcción del plan de mejora del gremio considerado como tema central la gestión de clima y estrategias necesarias para orientar una agroindustria panelera resiliente, sostenible e inclusiva en el mediano y largo plazo.
Resumen ejecutivo
Se consolidó la metodología para "Evaluar las capacidades, oportunidades y necesidades de FEDEPANELA para responder a las demandas de los agricultores en cuanto a gestión del clima y de sus efectos". Para tal fin se indagarán aspectos relevantes sobre: Agricultura digital y gestión del clima que incluye también servicios de extensión y género. Generalidades de FEDEPANELA, Mejoramiento genético para la adaptación del cambio climático, Uso eficiente del agua, Reducción de emisiones de GEI, Servicios de extensión con enfoque de gestión climática, Valor agregado y mercados inclusivos, Integración de servicios financieros.
Capítulos que se van a desarrollar
Se describen en la metodología.
Conclusiones
Se definieron los formatos con preguntas orientadoras y se concertó la tipología de los aliados que participarán de las sesiones de trabajo, así como el propósito de cada una de estas.
Recomendaciones - Pasos a seguir
Programación y concertación de la fecha de la 1ra sesión para aplicar la entrevista y posteriormente realizar el análisis de la información.
Evidencias – Anexos
• No se adjuntan anexos.

Tabla 58. **Talleres participativos del diagnostico del sistema productivo plátano**

Campo
Componente 1. Actividad 1.4. Generar información sobre servicios climáticos para reducir el riesgo agroclimático. **Subactividad 1.4.1. Diseño y/o fortalecimiento de servicios de información agroclimática.**
Eje: 1
Actividad GCF: Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.
Tipo de taller o capacitación: Taller – capacitación
Nombre: Talleres de diagnóstico participativo del sistema productivo de plátano
Objetivo: Establecer y validar de manera participativa con productores de plátano las principales características sociales, económicas y productivas de los sistemas de producción**.**

Justificación: Se requiere de información primaria de base para el diseño y definición de las estrategias de fortalecimiento de capacidades técnicas de los productores.
Actores involucrados: productores agropecuarios, actores institucionales locales
Agenda:
Convocatoria: Aun no se han realizado las respectivas invitaciones
No. Invitados: 50 productores de plátano en cada uno de los municipios.
Tipo de invitados: productores de plátano
No. Asistentes: Se tienen programado 50 participantes por taller, se harán 12 talleres en los 50 departamentos.
Tipo de asistentes: presenciales, productores de plátano activos.
Lista de asistencia: de las reuniones presenciales de organización de los talleres
Resultados La metodología en las zonas se llevó a cabo mediante reuniones y talleres de capacitación al personal técnico frente a temas como: gestión del riesgo agroclimático (GRA); agricultura climáticamente inteligente (ACI); resultados del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) asociados a los cultivos de musáceas; Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTAs) y el aplicativo próximo a vincular denominado AGRORAC (Resiliencia Agroclimática en el Sector Agropecuario Colombiano) de Agrosavia y su función en la GRA, en las zonas priorizadas; algunas herramientas para la identificación de riesgos agroclimáticos en los que ayudará, tanto a los técnicos como actores vinculados, a tomar decisiones en su día a día frente a los riesgos climáticos. En este sentido, dentro del Componente 1 del sistema productivo de plátano, se adelantaron 4 talleres sobre gestión del riesgo agroclimático, agricultura climáticamente inteligente, modelos de adopción y prevención climática con técnicos, asistentes técnicos, extensionistas y funcionarios de Asohofrucol, en los municipios de: - Municipio de Guayamacal en el departamento Magdalena, el día 14 de noviembre del 2024 con un total de 42 participantes.   - Municipio de Apartadó (Antioquia), el día 20 de noviembre del 2024. Se tuvo un total de 34 asistentes.

- Municipio de Agustín Codazzi en el departamento del Cesar, el día 20 de noviembre del 2024. Se tuvieron un total de 13 participantes.

- Municipio de Municipio de Cereté (Córdoba), el día 21 de noviembre del 2024 en el C.I Turipaná. Se tuvieron un total de 30 participantes.

Con la ubicación de las parcelas de validación, vinculación y experimentación, se ajustará el protocolo a cada una de las zonas y se vincularán los técnicos que asistieron a los talleres, así como técnicos, asistentes, extensionistas y funcionarios de Asohofrucol que no lograron participar en el primer ejercicio.

En los diferentes espacios y municipios se adelantaron discusiones técnicas profundas asociadas a los temas expuestos, así como el proyecto en general y los objetivos a 5 años. Se mencionó que las afectaciones por factores climáticos en el cultivo de Plátano son causadas por vientos fuertes (volcamientos), lluvias intensas (inundaciones y erosión), ausencia de lluvias o sequías (estrés hídrico), radiación solar fuerte (golpe de sol o punta amarilla).
Se resaltó la importancia de tener presente la información histórica y futura (pronósticos) de las diversas variables climáticas, para así obtener resultados en las recomendaciones dadas a los productores de plátano, de forma acertada y que permitan un avance tecnológico al gremio agrícola mencionado.
También, se dio a conocer la existencia de dos aplicaciones digitales (Ahora y Emagasa), las cuales son programadas para la toma de decisiones correctas basándose en los datos climáticos de los cultivos.
El aplicativo AHORA funciona para tomar decisiones de temporadas de cosecha apropiadas (madurez fisiológica), necesidad de riego, requerimientos nutricionales y de controles fitosanitarios, la cual es muy práctica para ejecutarla en los cultivos de plátano.
La APP EMAGASA brinda recomendaciones técnicas de nutrición, cosecha, riego y demás ítems que requieren toma de decisiones.
Durante las capacitaciones se tuvieron las siguientes preguntas:

- ¿Por qué no se destacó el cultivo de Cacao dentro del proyecto?
- ¿Cuáles son las características de la zona para tener variables climáticas actualizadas como la radiación solar?
- ¿El proyecto está enfocado solo en la parte climática de los cultivos o también tiene en cuenta condiciones ambientales como la contaminación?
- ¿Por qué destaca la ganadería teniendo en cuenta la contaminación que presenta en el medio ambiente?

Las conclusiones en los espacios fueron las siguientes:

- Resaltan la importancia que tienen las mujeres en el ámbito de la producción.
- Los servicios de conectividad satelital fortalecen tanto la información sobre los cambios en el clima, como su influencia en la producción y en el fortalecimiento del cultivo (Agroclimatología / Ecofisiología).
- La información que se genera dentro de las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTAs) no llega a los productores pequeños.
- Se identificaron dos zonas en las cuales, también, se produce plátano (Turbo y San Juan).
- El cambio climático ha afectado tanto el tamaño, el volumen, la cantidad de dedos y no todos son aprovechables.

Recomendaciones - Pasos a seguir: Gestión de los insumos y materiales requeridos para cada uno de los talleres por municipios; elaborar las invitaciones correspondientes, y concretar los instrumentos a utilizar en los talleres de diagnóstico.

Tabla 59. **Taller de capacitación participativo del sistema productivo plátano**

Campo		
Componente 3. Modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero		
Eje: 6 Servicios de asistencia técnica y extensión agrícola modernizados (Eje 6)		
Actividad GCF: Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.		
Tipo de taller o capacitación: Taller – capacitación		
Nombre: Talleres de diagnóstico participativo del sistema productivo de plátano		
Objetivo: Establecer y validar de manera participativa con productores de plátano las principales características sociales, económicas y productivas de los sistemas de producción**.**		
Justificación: Se requiere de información primaria de base para el diseño y definición de las estrategias de fortalecimiento de capacidades técnicas de los productores.		
Actores involucrados: productores agropecuarios, actores institucionales locales		
Agenda:	*1. Inscripción y registro de participantes*	
	2. Saludos y bienvenida protocolarios	
	3. Explicación de Metodología y desarrollo diagnóstico	
	Refrigerio	
	4. Diagnóstico momento 2.	
	5. Identificación actores locales y cadena de valor	
	Almuerzo	
	6. Resumen y evaluación de la Jornada	
Convocatoria: Aun no se han realizado las respectivas invitaciones		
No. Invitados: 50 productores de plátano en cada uno de los municipios.		
Tipo de invitados: productores de plátano		
No. Asistentes: Se tienen programado 50 participantes por taller, se harán 12 talleres en los 50 departamentos.		
Tipo de asistentes: presenciales, productores de plátano activos.		
Registro fotográfico: A la fecha se han realizado reuniones preparatorias con los actores locales		

Reunión con actores locales en el municipio de La Paz, Cesar. .	Reunión con actores locales en el municipio de Dibulla, La Guajira.

Lista de asistencia: de las reuniones presenciales de organización de los talleres

Resultados:

El 8 y 9 de Octubre de 2024 , se realizaron visitas en los municipios de La paz en Cesar y Dibulla que hace parte de Riohacha, allí nos reunimos con los técnicos de las UMATAS, en Dibulla además de el personal de la UMATA, también pudimos contar con la participación del personal de ASOHOFRUCOL, y de algunos productores referentes de la zona , en donde se les socializo con detalle el proyecto CAS, todas las personas con las que pudimos conversar se notaron dispuestas, y se recolectaron además información importante , como la distribución de las plantaciones, rendimientos promedios, asociaciones, y algunos actores clave en las regiones, en la paz visitamos un predio que meses atrás había sufrido de inundación y había perdido la totalidad de su cultivo, allí se evidencio que el lote no presentaba drenajes responsables para la evacuación hídrica, por lo cual se recomendaron algunas medidas para su correcta instalación.

El 10 y el 11 de Octubre nos reunimos todo el equipo de AGROSAVIA en el centro de investigación turipana, donde se hizo la programación de los talleres, se contextualizo el proyecto, y se establecieron compromisos con los diferentes investigadores, además se definió la ubicación del lote donde se realizara las parcelas experimentales.

El 23 y 24 de Octubre de 2024 se realizó el primer taller participativo de diagnóstico y Caracterización de los productores de Apartado y Turbo Antioquia, en total asistieron 60 productores , de las cuales 18 participantes fueron mujeres, allí se evidenciaron varias problemáticas importantes entre ellas la escasez de mano de obra contratada, y la problemática en cuanto a comercialización y precio del cultivo, en su totalidad desconocen el manejo de registros climáticos, y ninguno maneja sistemas de riego en sus fincas, más de la mitad de sus plantaciones se encuentran asociadas a otros cultivos como coco, cacao, frutales, ahuyama y coca, en estas zonas del Urabá donde el cultivo de banano es abundante y tecnificado por las empresas exportadoras que se encuentran en el sector como UNIBAN, y BANACOL, estos se benefician de las aplicaciones aéreas que hacen con avionetas de algunos fungicidas para controlar enfermedades de origen fúngico como la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis,* y también duplican algunas labores como fertilizaciones, y labores culturales, generando en algunos casos, cultivos medianamente tecnificados y rentables.

El 25 de Octubre de 2024, se presentó el taller participativo de diagnóstico y Caracterización de los productores para el municipio de Moñitos Córdoba, con la participación de 28 participantes 8 de ellas mujeres, se identifico que la gran problemática que ellos presentan es la sequia entre los meses de noviembre hasta mayo, sus cultivos son poco tecnificados , ya que al no contar con un buen mercado, el precio no amerita a realizar algunas labores que garantizan una mejor calidad del producto como embolsado del racimo, el cual ninguno lo practica, al estar la mayoría asociados están empezando a tener asistencia técnica con una fundación que empezó a trabajar en la zona llamada FUNDACION BOLIVAR DAVIVIENDA.

El 06 de Noviembre se desarrolló el taller participativo de diagnóstico y Caracterización de los productores en el municipio de La paz Cesar, donde se contó con la cooperación de 46 productores , 13 mujeres, La mayoría de los productores concentrados en esta zona , llevan muchos años en esta actividad, por lo cual son muy conocedores del manejo del cultivo como tal, son en su mayoría propietarios de sus predios y por ende la mano de obra utilizada son propias y por

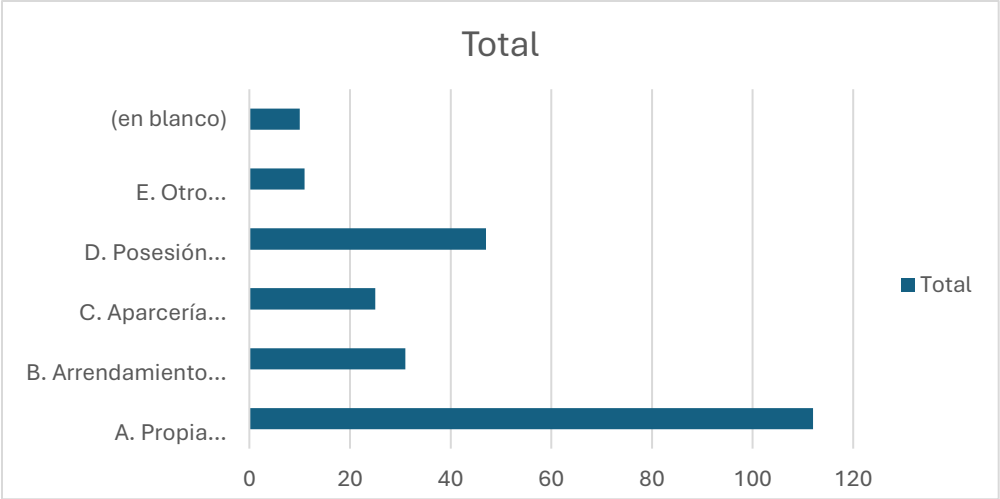
contratos temporales, presentan en su mayoría problemas en cuanto a sequias , y vientos fuertes que en muchos casos volcán sus plantaciones, sus cultivos casi que en la mayoría los tienen asociados mayormente con café , y cacao, no hay casi asociaciones establecidas por ende no cuentan con asistencia técnica en sus predios.

El 7 de Noviembre se celebró el taller participativo de diagnóstico y Caracterización de productores en el municipio de Dibulla Guajira, con participación de productores del municipio de Riohacha, un total de 34 participantes hicieron parte del encuentro 5 mujeres en total, en esta zona en diferentes épocas del año se presentan problemas de sequía e inundaciones, en la zona a pesar de haber cultivos asociados con cacao, yuca y mango, prevalece el monocultivo, la gran mayoría se encuentra asociado y recibe asistencia técnica en sus cultivos.

En el Magdalena se desarrollaron los diferentes talleres de diagnóstico y Caracterización que comprende a los municipios priorizados dentro del proyecto. Dentro de los cuatro municipios específicamente Santa Marta , se socializo el proyecto con un pueblo indígena Arhuacos, allí con ayuda de un traductor ,se presentó el desenlace del proyecto CAS.

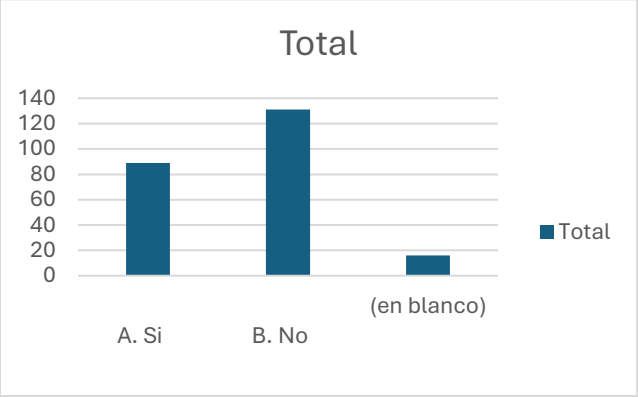
FECHA	MUNICIPIO	NUMERO DE PARTICIPANTES	PARTICIPANTES MUJERES
13/11/2024	Zona bananera	35	19
14/11/2014	Aracataca	41	19
15/11/2004	Santa marta	16	3
16/11/1994	Ciénaga	37	16
TOTAL		***129***	***57***

La mayoría de los productores tienen sus cultivos en asocio con café limón, cacao, yuca, frijol, palma, entre otros, la mano de obra es propia y subcontratan si es necesario entre sus mismos conocidos, el tamaño de los cultivos en su gran mayoría son pequeños con menos de 500 plantas, el mayor limitante que se presenta en la zona es la ausencia de agua en algunas épocas del año, muy pocos cuentas con asistencia técnica de sus cultivos, y casi que ninguno lleva registro del comportamiento del clima, la comercialización de sus productos la hacen casi que en su totalidad en plazas de mercado y al menudeo en tiendas y con sus familiares.



Dentro de los términos generales se pudo evidenciar que la gran mayoría de los encuestados cuentan con tenencia de la tierra propia, seguidos de posesión, al igual que la utilización del crédito, la gran mayoría no accede a ellos, por temas de desconocimiento y poca experiencia en el mercado crediticio.

La asistencia técnica también se ve opacada por una baja participación, más del 50 % de los encuestados, no reciben ningún tipo de apoyo.



El principal fenómeno climático que se presenta en la mayoría de las zonas, y que afecta directamente en este caso al cultivo de plátano es la sequía, seguida por el exceso de lluvias.

FENOMENOS	RESPUESTA
A. Sequía	166
B. Inundación	14
C. Deslizamiento	9
D. Exceso de lluvias	23
F. Otro	15
F. Vientos fuertes	2
G. Otro	1
(en blanco)	8
Total general	**238**

Con todas las visitas que se realizaron en los municipios a intervenir, se ultimó la importancia de realizar parcelas experimentales en lotes escogidos dentro los mismos productores, que sirvan de vitrinas tecnológicas, y que ayuden a diferenciar las diferentes ofertas tecnológicas que pueden ayudar a mejorar sus proyectos, en función a la mitigación y disminución de la vulnerabilidad al cambio climático, además de aprovechar la semilla a utilizar en estos espacios, para multiplicarla y suministrarla a los productores que la necesiten.

Recomendaciones - Pasos a seguir: Gestión de los insumos y materiales requeridos para cada uno de los talleres por municipios; elaborar las invitaciones correspondientes, y concretar los instrumentos a utilizar en los talleres de diagnóstico.

Tabla 60. taller de socialización de capacidades en determinación de gases efecto invernadero y metano entérico haciendo uso del sensoramiento remoto.

Componente 1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje 1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Componente 1. Agricultura digital y servicios climáticos
Eje 1. Fortalecimiento y modernización
Actividad GCF 1.1.3 / Implementar sistemas de agricultura digital (1.5.1)
Tipo de taller o capacitación

Taller de socialización

Nombre

Taller de socialización de capacidades técnicas y avances tecnológicos en GEI en ganadería de Agrosavia " Colombia Agroalimentaria Sostenible - CAS Ganadería"- CONV_2219

Objetivo

Este taller de socialización de capacidades en determinación de gases efecto invernadero y metano entérico haciendo uso del sensoramiento remoto y herramientas para estimar los GEI en finca, busca identificar los avances sobre el diseño de los sensores individuales de metano en bovinos en pastoreo al personal técnico de FEDGAN, CIAT, CIPAV y Agrosavia y un prototipo de calculadora prediseñada por Agrosavia; quienes estarán identificando y visualizando al diseño y proyección de uso de estas herramientas en el marco de los objetivos del proyecto país, para evaluar la emisión de bovinos bajo estrategias para la reducción de emisiones de metano, y así disminuir el impacto ambiental de la ganadería

Justificación

Los sistemas de producción animal, en particular aquellos basados en rumiantes, son importantes emisores de gases de efecto invernadero (GEI) debido principalmente a la producción de metano (CH_4) a través de la fermentación entérica y la descomposición del estiércol. La medición precisa de estos gases es fundamental para el desarrollo de estrategias de mitigación de GEI en la ganadería. Las técnicas utilizadas para medir el CH_4 emitido por los rumiantes incluyen métodos directos e indirectos: Métodos Directos: Cámaras de respiración, que ofrecen alta precisión al capturar todo el metano emitido por el animal. Sin embargo, su aplicación es limitada debido a su costo y las restricciones de manejo que implican. Métodos Indirectos: Existen varias alternativas menos invasivas que incluyen el uso de tecnologías de láser o sniffers (dispositivos para "olfatear" el gas). Estas opciones son más prácticas para estudios a gran escala, aunque con una precisión variable y método de Gas Trazador SF_6. Recientemente, ha aumentado el uso accesorios automatizados individualizados por animal y con reporte en línea, el sistema extrae y analiza el aire cerca del hocico, midiendo la concentración de CH_4 mediante sensores de infrarrojos no dispersivos. Este sistema permite una monitorización continua del CH_4 y emitido por los animales de forma automática. Es una opción podría ser confiable para estimaciones de campo.

Actores involucrados

- Socios
- Universidad de los Andes

Agenda

Jueves 14 de noviembre 2024 – ACTIVIDADES DE AVANCE Y CONCEPTO DE SENSORAMIENTO Y MONITOREO DE GEI		
Hora	Tema	Responsable
8:45 – 9:15	Registro de participantes Presentación de asistentes Presentación de la jornada	Olga Lucia Mayorga
9:15 – 10:00	Presentación del componente 1 en ganadería proyección de actividades del componente 1 en el marco de estimación y monitoreo de GEI	Patricia Alvarez Toro
10:00 – 10:30	Refrigerio	
10:30 – 11:30 am	Presentación avances y antecedentes de los componentes del sensoramiento remoto de metano entérico rumiantes	Fredy Enrique Segura; Carlos Mario Minu; Brian Camilo Lara
11:35-11:45 am	Traslado a unidad de bioensayo	
11:45 – 12:45	Demostrativo en campo de evaluación de avance de los sensores y uso del láser en campo	Coordina Yuri Granja/Deisy Camargo
1:00 – 2:00 pm	Almuerzo	Salón Tibaitata
2:00 – 3:00 pm	Presentación conceptual del monitoreo en finca usando láser (vídeo) y estimación usando calculadora de balance de carbono	Olga Mayorga/Ronnal Ortiz
3:00-4:00 pm	Discusión sobre perspectiva de validación en CI de Agrosavia y uso en fincas de productores	Todos modulado por Yuri Granja

Convocatoria: Evidencia

Confirme su asistencia con **Catalina Alfonso** al correo **aalfonso@agrosavia.co** o al celular **310 2100359**

No. Invitados
40
Tipo de invitados
Puntos focales de todos los socios, Universidad de los Andes
No. Asistentes
35
Tipo de asistentes
• AGROSAVIA: Equipo técnico del proyecto CAS componente 1 (eje 1 y 2) y otros investigadores regionales • CIAT: Equipo técnico del proyecto CAS componente 1 y delegados componente 4 • FEDEGAN: Equipo técnico delegado del componente 1 • CIPAV: Equipo técnico delegado del componente 1 • Universidad de los Andes: Líder técnico en electrónica del sensor
Registro fotográfico

Lista de asistencia
Anexo
Resultados
• Todos los asistentes participaron activamente del taller • Se logro abordar todos los temas acordes a la programación
Recomendaciones - Pasos a seguir
• Coordinar una reunión de planeación de actividades 2025 en instalaciones del CIAT durante el mes de diciembre.

Tabla 61. Requisitos mínimos talleres de capacitación sistema productivo musáceas

Campo		
Componente 3. Modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero		
Eje: 6 Servicios de asistencia técnica y extensión agrícola modernizados (Eje 6)		
Actividad GCF: Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.		
Tipo de taller o capacitación: Taller – capacitación		
Nombre: Talleres de diagnóstico participativo del sistema productivo de plátano		
Objetivo: Establecer y validar de manera participativa con productores de plátano las principales características sociales, económicas y productivas de los sistemas de producción**.**		
Justificación: Se requiere de información primaria de base para el diseño y definición de las estrategias de fortalecimiento de capacidades técnicas de los productores.		
Actores involucrados: productores agropecuarios, actores institucionales locales		
Agenda:	1. *Inscripción y registro de participantes*	
	2. *Saludos y bienvenida protocolarios*	
	3. *Explicación de Metodología y desarrollo diagnóstico*	
	○ *Refrigerio*	
	4. *Diagnóstico momento 2.*	
	5. *Identificación actores locales y cadena de valor*	
	○ *Almuerzo*	
	6. *Resumen y evaluación de la Jornada*	
Convocatoria: Aun no se han realizado las respectivas invitaciones		
No. Invitados: 50 productores de plátano en cada uno de los municipios.		
Tipo de invitados: productores de plátano		
No. Asistentes: Se tienen programado 50 participantes por taller, se harán 12 talleres en los 50 departamentos.		
Tipo de asistentes: presenciales, productores de plátano activos.		
Registro fotográfico: A la fecha se han realizado reuniones preparatorias con los actores locales		

Reunión con actores locales en el municipio de La Paz, Cesar. .	Reunión con actores locales en el municipio de Dibulla, La Guajira.
Lista de asistencia: de las reuniones presenciales de organización de los talleres	
Resultados: las fechas definidas para los talleres son: Turbo (Antioquia): 23 de octubre de 2024 Moñitos (Cordoba): 25 de octubre de 2024 Dibulla (La Guajira): 07 de noviembre de 2024 La Paz (Cesar): 08 de noviembre de 2024 Zona Bananera (Magdalena): 11 de noviembre de 2024 Aracataca (Magdalena): 12 de noviembre de 2024 Ciénaga (Magdalena): 13 de noviembre de 2024 Santa Marta (Magdalena): 14 de noviembre de 2024	
Recomendaciones - Pasos a seguir: Gestión de los insumos y materiales requeridos para cada uno de los talleres por municipios; elaborar las invitaciones correspondientes, y concretar los instrumentos a utilizar en los talleres de diagnóstico.	

Tabla 62. Talleres de capacitación C3 Eje 6 caña

Componente
3
Eje
6
Actividad GCF
Activity 3.2.2. Capability development on innovation systems approach and its inclusion into updated technology transfer plans. Actividad POA 2.2. Productores agropecuarios con mayores conocimientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático.
Tipo de taller o capacitación
Preparación de Talleres Participativos
Nombre
Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS) - Resiliencia ante el cambio climático: Taller participativo de productores y productoras de caña de azúcar y agroindustriales de la panela
Objetivo
Sensibilizar y capacitar a los productores y las productoras sobre conceptos básicos del cambio climático, resiliencia y medidas de adaptación en la producción de caña de azúcar para panela
Justificación
La planificación o preparación de talleres facilitará la concertación con las entidades aliadas (ALIANZA BIOVERSITY- CIAT, FEDEPANELA y AGROSAVIA) para avanzar en la estrategia de fortalecimiento de las capacidades de cada gremio para la gestión del clima, y en particular vincular a los productores, productoras y agroindustriales de la panela al proyecto.
Actores involucrados
• ALIANZA BIOVERSITY- CIAT • FEDEPANELA
Agenda

AGENDA TEMÁTICA

1. **Video oficial del proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenibles – CAS (9 minutos)**

2. **Información de contexto CRECIMIENTO VERDE Y AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE EN CAÑA DE AZÚCAR PARA PANELA (15 minutos)**

3. **Desarrollo temático "SENSIBILIZARNOS" (80 minutos)**

Momento 1. ¿Como los está afectando el cambio climático en las actividades diarias del cultivo de la caña o elaboración de la panela?

- ***1er Momento Modelos De Adaptación Y Prevención Agroclimática - MAPA***: ¿Qué es cambio climático?
- ***Cartografía participativa usando*** mapa o croquis del municipio para ubicar las ideas y sentimientos (preocupaciones, angustias, ilusión) relacionados con el cambio climático (uso de tarjetas).
- ***Comprendiendo el cambio climático***: desde lo técnico y financiero.

Momento 2. Mapas parlantes.

Caña y clima: un espacio en blanco donde se desarrolle a un cartel:

- Relación al cultivo y cambio climático (Color azul):
  - Etapas fenológicas considerando contraste histórico
  - Degradación de suelo
- Reflexión del futuro: ¿Qué espero hacer en el cultivo para mantenerlo en 5 años? (Tarjetas de color amarillo)
  - Alternativas para cultivar bajo esos escenarios de cambio y variabilidad climática
- Intersección (tarjeta color rosa): medidas de adaptación

Reconociendo: medidas de adaptación, riesgo climático y mitigación

Momento 3. ¿Hacía donde podremos ir?

Herramientas de apoyo: *cartelera con otro color*

¿Cómo adaptarse a esas condiciones cambiantes?: uso de instrumentos y registro de variables climáticas en finca
Mapeo de actores clave y estratégicos
Corresponsabilidades: territorio común para el desarrollo de las dinámicas.

4. **Lecciones aprendidas y reflexión final de los y las asistentes al taller (30 minutos)**

Convocatoria: Evidencia

Se cuenta con programación. Sin iniciar la convocatoria:

Departamento	Municipio	Fecha proyectada
Boyacá	Togüi	28-oct-24
Boyacá	Santana	29-oct-24
Boyacá	Chitaraque	30-oct-24
Nariño	Consacá	1-nov-24
Cundinamarca	Caparrapí	5-nov-24
Cundinamarca	La Peña	7-nov-24
Santander	Mogotes	12-nov-24

	Santander	San Gil	13-nov-24
	Santander	San Benito	14-nov-24
	Valle del Cauca	Tuluá	20-nov-24
	Antioquia	Yolombo	27-nov-24
	Antioquia	Campamento	28-nov-24

No. Invitados
En preparación. Se proyectan de 15 a 30 asistentes por municipio
Tipo de invitados
Productores, productoras y agroindustriales de la caña de azúcar para panela de 12 municipios.
No. Asistentes
En preparación. Se proyectan de 15 a 30 asistentes por municipio
Tipo de asistentes
Productores, productoras y agroindustriales de la caña de azúcar para panela
Registro fotográfico
Taller en preparación
Lista de asistencia
Taller en preparación. Lista de asistentes acorde con información previa de AGROSAVIA y afiliados a FEDEPANELA
Resultados
• Ficha técnica de eventos de AGROSAVIA diligenciada (Anexo 1).
Recomendaciones - Pasos a seguir
• Radicar la ficha técnica interna de cada uno de los eventos en AGROSAVIA y gestionar los materiales logísticos (cartulinas, marcadores, tarjetas, etc). • Concertar con FEDEPANELA el apoyo para la realización de los talleres

Acciones de comunicación y difusión

Tabla 63. Requisitos mínimos organizaciones y productores que van a participar en el proceso de producción de semilla de papa

Campo
Componente 3.
Eje: 2 multiplicación de materiales de papa
Actividad GCF 3.2.2 organizaciones y productores que van a participar en el proceso de producción de semilla de papa.
Tipo de taller o capacitación: Socialización
Nombre: Identificación de organizaciones y productores que van a participar en el proceso de producción de semilla de papa.
Objetivo: Establecer y validar de manera participativa con productores de papa las principales características sociales, económicas y productivas en el proceso de producción de semilla de papa.
Justificación: En la subactividad relacionada con organizaciones y productores que van a participar en el proceso de producción de semilla, se avanzó con la caorización, planeando como estrategia los siguientes tipos: i) Semilleristas registrados ante el ICA, ii) Organizaciones de productores de papa con experiencia demostrada en producción de semilla fase II, iii) Organizaciones de productores de papa sin experiencia en la producción de semilla de papa y iv) Productores con capacidad técnica y financiera.
Actores involucrados: productores agropecuarios, actores institucionales locales

https://www.youtube.com/watch?v=QXb7ASB8s_Y

Convocatoria: Se realizó la socialización de la apertura de la convocatoria para organizaciones el día 19 de noviembre a través del canal de Youtube de Agrosavia, se diseñó y difundió la invitación virtual.

No. Invitados: El evento virtual tuvo una duración de 48 minutos en los que se presentó las generalidades del proyecto CAS en papa y los términos de referencia.

Tipo de invitados: Invitación virtual convocatoria a organizaciones de productores de papa de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño.

No. Asistentes: Virtual.

Tipo de asistentes: virtual, productores de papa activos.

Registro fotográfico:

Lista de asistencia: de las reuniones virtuales de organización de los talleres

Resultados: De la convocatoria se espera que por el tiempo de cronograma se presenten de 5 a 10 organizaciones de productores. El cierre de la convocatoria es el 6 de diciembre, para optimizar el tiempo de revisión de documentos se traslapo la acción de solicitud y entrega de aclaraciones de los documentos revisados.

Recomendaciones - Pasos a seguir: Revisión de documentación, solicitud aclaraciones, evaluación de los términos de la convocatoria, clasificación y selección de organizaciones que ingresaran en las acciones de CAS Eje 3 para el año 2025. Publicación de resultados diciembre 20 de 2024.

Evidencias

- Documento presentado para la socialización formato .ppt
- Documento términos de la convocatoria formato .docx
- Documento formulario inscripción de la organización formato .docx

Herramientas o plataformas

Tabla 64. Sistema de Información Panelero (SIPA)

Componente
1
Eje
1
Actividad GCF 1.5.1
Fortalecer el Sistema de Información Panelero (SIPA) mediante la implementación de módulos que le permitan al gremio dar apoyo en la toma de mejores decisiones sitio especificas a través del monitoreo, análisis y visualización de información agroclimática de los ciclos productivos de la caña panelera.
Tipo de herramienta – Plataforma
Plataforma
Nombre
Plataforma de Monitoreo y Evaluación
Objetivo
Fortalecer el Sistema de Información Panelero (SIPA) mediante la implementación de módulos que le permitan al gremio dar apoyo en la toma de mejores decisiones sitio especificas a través del monitoreo, análisis y visualización de información agroclimática de los ciclos productivos de la caña panelera.
Justificación
El componente de agricultura digital tiene como propósito principal optimizar la toma de decisiones y mejorar la productividad de manera sostenible en la cadena productiva de la caña panelera. Este enfoque se centra en el uso e implementación de tecnologías avanzadas que faciliten la recolección, el análisis y la aplicación de datos directamente en el campo. En este contexto, Fedepanela cuenta con el Sistema de Información Panelero (SIPA), una herramienta desarrollada como parte del Fondo de Fomento Panelero y vinculada al Programa de Asistencia Técnica. Este sistema tiene como objetivo mejorar la recolección, análisis y difusión de información relevante para el sector panelero colombiano. Para ello, se asegura una actualización constante tanto de los datos recopilados en campo como de los proporcionados por instituciones relacionadas. La información sobre actividades y prácticas de manejo agronómico en las fincas de los productores es recopilada por los extensionistas de Fedepanela y cargada al SIPA, donde es gestionada para apoyar la cadena productiva de la panela. Tal como se ilustra en la Figura 1, el proceso incluye la recopilación de datos clave sobre cada productor o lote, como información básica (nombre del productor, ubicación y tamaño de la parcela, labores culturales), producción (número de plantas, fechas de cultivo, tipo de planta), costos, y registros de enfermedades y plagas. Actualmente, este procedimiento es híbrido, combinando métodos manuales y digitales. Los extensionistas recopilan los datos en campo y posteriormente los ingresan al SIPA, permitiendo su integración y análisis para la toma de decisiones estratégicas en el sector.
Actores involucrados
Alianza+Socios
Descripción de los módulos

Información socioeconómica y de mercado del cultivo de caña de azúcar panelera actual

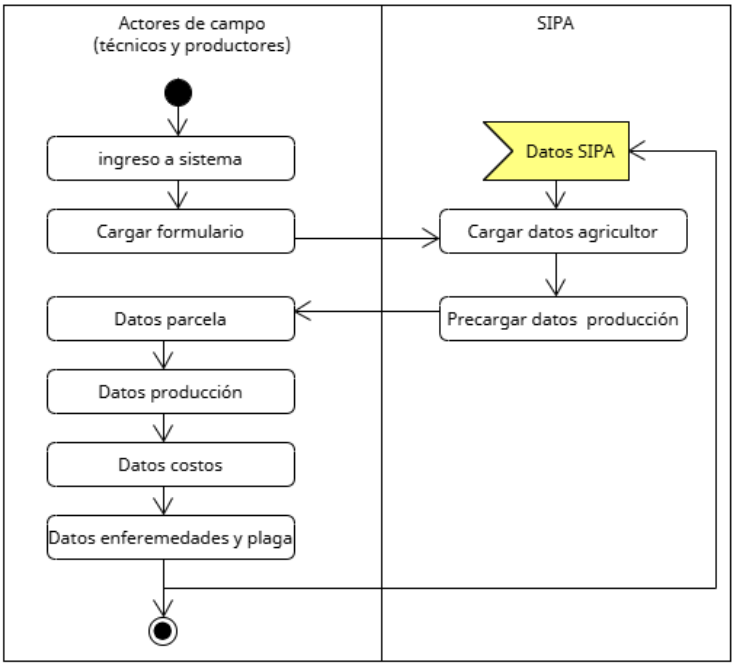


Figura 1. Modelo de negocio de adquisición de información de los procesos de producción de la caña panelera

Un aspecto fundamental para los productores de panela es contar con acceso oportuno a la información sobre los precios del producto. En este sentido, Fedepanela enfoca sus esfuerzos en tres líneas estratégicas:

1. **Análisis de la Oferta Panelera**: Fedepanela genera estadísticas claves relacionadas con áreas de cultivo, rendimientos y producción, permitiendo una comprensión integral de la oferta panelera.
2. **Consolidación de Datos de Mercado**: Se recopilan y analizan datos relacionados con los precios y costos del mercado de la panela. Este proceso incluye la operación estadística de los precios al productor y su ampliación para cubrir precios al consumidor a nivel nacional en regiones como Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Caquetá, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Santander, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca.
3. **Consolidación de Costos de Producción**: Se realiza un análisis semestral de los costos de producción por departamento y se elabora un consolidado a nivel nacional, con el objetivo de reducir los tiempos de emisión de los boletines de precios y costos.

La Figura 2 detalla el proceso de recolección de datos sobre los precios de la panela en tres canales principales: precios al productor, precios en plazas de mercado y precios en grandes superficies. Esta información es consolidada y cargada en el SIPA, donde se realizan análisis estadísticos detallados. Finalmente, se generan boletines informativos que son diseminados a los productores en todo el país, facilitando la toma de decisiones y la competitividad del sector.

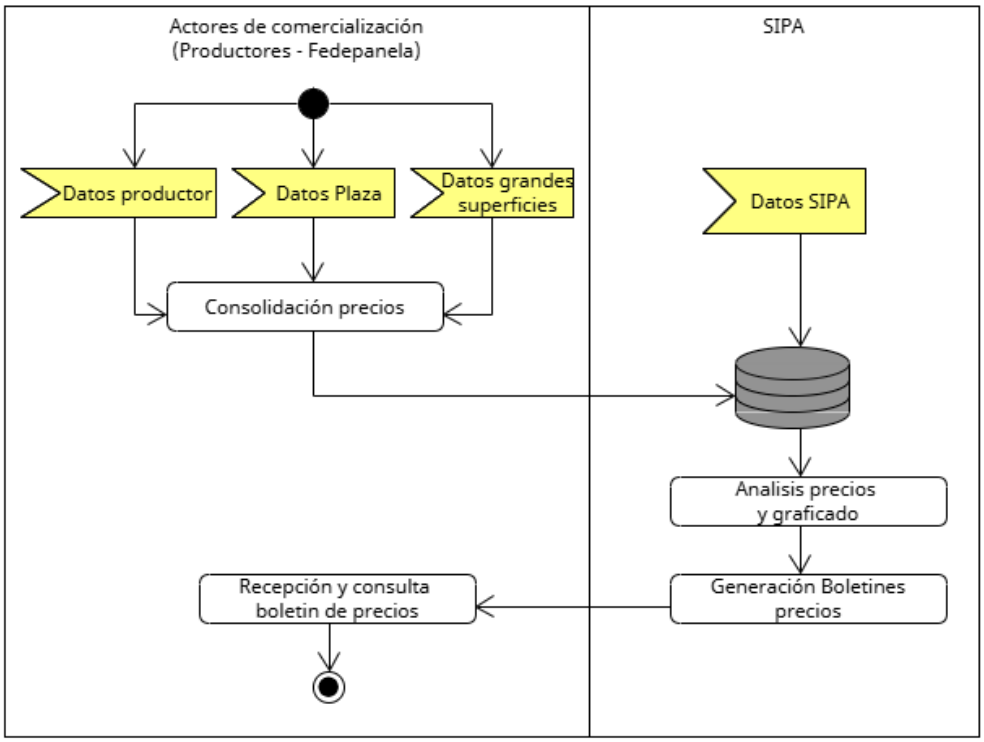


Figura 2. Modelo de negocio de adquisición de información de precios de venta de panela

ARQUITECTURA DEL SISTEMA INTEGRANDO LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LA CAÑA PANELERA Y EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA PAPA

La fase de formalización de requerimientos del sistema permitió establecer dos líneas de acción en las cuales se dividirá la arquitectura del sistema, de acuerdo con sus funcionalidades. La primera es la de servicios climáticos, en la que se encuentra el acceso, administración, procesamiento y visualización de información climática y agroclimática, en diferentes escalas espaciales y temporales, de acuerdo con las necesidades propias de cada uno de los sistemas productivos que se encuentran involucrados, mientras que la segunda es la de Agricultura Digital, enfocada en el uso de recursos tecnológicos para lograr la interacción de los diferentes actores de las cadenas productivas, con un abordaje integral, desde prácticas agronómicas hasta aspectos de mercado y socioeconómicos relacionados con cada uno de los sistemas productivos.
Para cada una de estas líneas descritas (Servicios climáticos y Agricultura digital), se desarrollaron diagramas de nivel 1 y nivel 2. El diagrama de nivel 1 (diagrama de contexto del sistema) proporciona una visión de alto nivel del sistema, centrado en cómo interactúa con su entorno. Se enfoca en los límites del sistema y en los actores externos (humanos, sistemas o dispositivos) que interactúan con él. Este nivel no entra en detalles sobre componentes internos, pues su propósito es la descripción del alcance y los límites del sistema. Por su parte, el diagrama de nivel 2 (diagrama de componentes de contenedores), descompone el sistema principal en sus "contenedores" principales, como aplicaciones, bases de datos, servicios o interfaces. Este nivel describe cómo estos contenedores interactúan entre sí y con los actores externos, pero sin entrar en detalles sobre componentes internos de los contenedores. El propósito del diagrama de nivel 2 es mostrar las divisiones lógicas y físicas del sistema, incluyendo cómo los contenedores colaboran.

A continuación, se describen los diagramas de nivel 1 y 2 para las líneas de Servicios climáticos y Agricultura digital. Estos diagramas fueron actualizados incluyendo e integrando los sistemas productivos de la caña panelera y el sistema productivo de la papa.

SERVICIOS CLIMÁTICOS

1. 1.1 Diagrama de nivel 1

El diagrama de arquitectura de nivel 1 para la plataforma computacional dentro del proyecto CAS (Colombia Agroalimentaria y Sostenible), enfocada en ofrecer servicios climáticos para apoyar la toma de decisiones en sistemas agropecuarios se observa en la Figura 3. Para mayor detalle sobre los sistemas productivos de la caña panelera, el sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia, estas son agregadas en el diagrama usando cajas (*box*) con fondo de color blanco.

1.1.1 Descripción técnica del diagrama de nivel 1

- **Contexto general del sistema:**

El sistema principal (representado como "AClimate") es el núcleo de la arquitectura. Su función es procesar y gestionar datos climáticos y agroclimáticos provenientes de diversas fuentes externas e internas, integrándolos en un repositorio centralizado y ofreciendo servicios específicos para usuarios finales.

Actores externos: Entidades como IDEAM, sistemas de datos abiertos (e.g., CHIRPS), bases de datos específicas (e.g., Datos de Suelo), y otros sistemas relacionados (e.g., servidores de datos de Fedepapa y Fedepanela) interactúan con el sistema principal aportando datos relevantes.

- **Flujos de datos:**

Los flujos entre sistemas están claramente delineados, destacando la obtención de datos históricos, pronósticos, y datos espaciales provenientes de fuentes como IDEAM, CHIRPS, AgERA5 y otros.

Existen procesos de recopilación de datos climáticos, de estaciones meteorológicas, y de predicciones, los cuales son almacenados y procesados en un Data Lake centralizado ("Datalake Datos estaciones").

Se identifican flujos específicos que conectan sistemas secundarios (como "Melisa") con los datos procesados para obtener información climática y agroclimática específica.

- **Servicios ofrecidos a usuarios finales:**

Diversas organizaciones agropecuarias (e.g., AUGURA, ASBAMA.COM, Va a llover, Asohofrucol, Agroclimas) acceden al sistema para consumir datos climáticos y agroclimáticos procesados.

Los servicios también incluyen la gestión de usuarios (Sistema de Usuarios) y su acceso a sistemas que integran datos espaciales como el sistema experto MAPA, o aplicaciones que pueden generar recomendaciones basadas en la interacción de diferentes cultivares con las condiciones climáticas, como Dr. Agro, ambas ofrecidas por AGROSAVIA.

- **Procesamiento y almacenamiento de datos:**

El "Datalake" funciona como un repositorio centralizado que almacena datos de estaciones meteorológicas, datos climáticos históricos, y predicciones.

La plataforma está diseñada para consumir, integrar y redistribuir estos datos hacia los usuarios finales en tiempo real o bajo demanda.

- **Fuentes de datos:**

Se incluyen tanto fuentes nacionales como internacionales, destacando bases de datos climáticas globales (CHIRPS, AgERA5) y servicios locales (IDEAM, Fedepapa, Fedearroz).

- **Enfoque general del sistema:**

El diagrama captura de manera efectiva el flujo de información entre múltiples actores externos, el sistema central (AClimate), y los usuarios finales, garantizando un flujo continuo de datos climáticos precisos para apoyar decisiones estratégicas en el sector agropecuario. La centralización en el Datalake permite flexibilidad en la

integración y redistribución de datos, mientras que las interfaces con sistemas específicos aseguran adaptabilidad para diferentes sistemas productivos y escalabilidad futura.

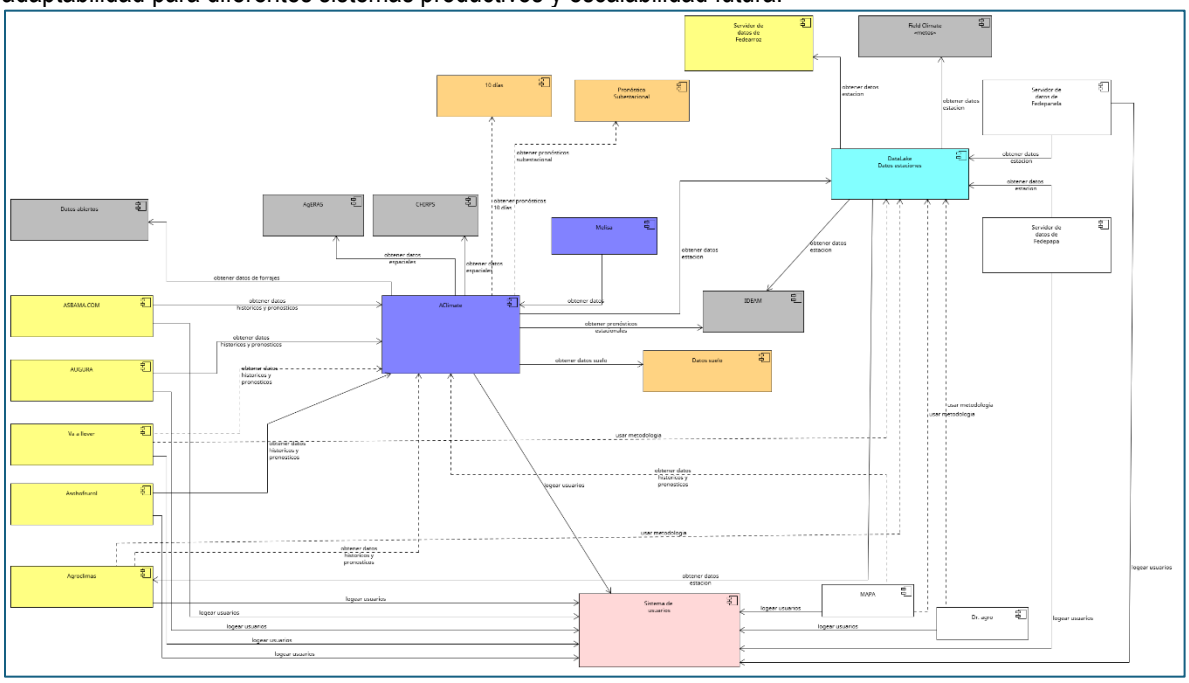


Figura 3. Diagrama arquitectura del sistema de nivel 1 de Servicios Climáticos. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)

1.2 DIAGRAMA DE NIVEL 2

El diagrama de nivel 2 detalla la arquitectura interna del sistema dentro del proyecto CAS, mostrando los contenedores lógicos y físicos que lo componen y cómo interactúan entre sí para ofrecer servicios climáticos al sector agropecuario (4).

1.2.1 Descripción técnica del diagrama de nivel 2

Componentes principales (Contenedores):

El sistema se divide en varios contenedores principales, organizados en función de sus responsabilidades específicas:

- **a. NÚCLEO DEL SISTEMA:**
- **AClimate**: Es el contenedor central encargado de procesar datos climáticos y agroclimáticos. Ofrece funcionalidades críticas como:
  - Análisis de datos históricos y pronósticos.
  - Modelado climático para distintos sistemas productivos.
  - Integración de datos de múltiples fuentes externas (IDEAM, CHIRPS, AgERA5, etc.) y repositorios locales.
  - Generación de metodologías y parámetros específicos para usuarios.
- **Data Lake**: Actúa como el repositorio principal para almacenar y gestionar datos climáticos y agroclimáticos. Recibe información de:
  - Fuentes externas como IDEAM y bases de datos espaciales (CHIRPS, AgERA5).
  - Datos de estaciones meteorológicas externas, incluyendo Field Climate y servidores locales (e.g., Fedepapa, Fedearroz).

- **b. Módulos funcionales específicos:**
- **Melisa**: Se utiliza para interactuar con usuarios finales en relación con los servicios agroclimáticos para los sistemas productivos involucrados.
- **Módulos de Modelado (e.g., Crop Models, DSSAT)**:
  - Estos módulos se encargan de realizar simulaciones agroclimáticas para cultivos específicos (papa, panela, etc.).
  - Procesan datos provenientes del núcleo central y generan resultados basados en parámetros definidos.
- **Servicios de Usuarios**:
  - **Sistema de Usuarios**: Administra la autenticación y autorización de los diferentes actores que acceden a la plataforma.
  - **Módulos de visualización y consumo (Dr. Agro, MAPA, Va a llover, AUGURA, etc.)**: Proveen interfaces específicas para usuarios finales, mostrando resultados y recomendaciones basadas en los análisis climáticos.

FUENTES DE DATOS:

El sistema integra datos de múltiples fuentes externas y locales:

- **IDEAM**: Proporciona datos meteorológicos históricos y pronósticos estacionales.
- **CHIRPS y AgERA5**: Ofrecen datos espaciales a nivel global, como precipitaciones y temperaturas.
- **Servidores locales (Fedepapa, Fedepanela, Fedearroz)**: Alimentan la plataforma con datos específicos de estaciones y sistemas productivos.

Estas fuentes alimentan el "Data Lake", que centraliza y organiza toda la información para ser utilizada por los módulos del sistema.

Flujo de Datos:

- **Entrada de Datos**: Los datos ingresan al sistema desde diversas fuentes (externas e internas), son procesados por el núcleo central y almacenados en el Data Lake.
- **Procesamiento**: Los datos almacenados son analizados por módulos como AIClimate Core, Melisa y Crop Models.
- **Salida de Datos**: Los resultados procesados se entregan a los usuarios a través de módulos específicos (e.g., MAPA, Dr. Agro) o se integran con metodologías y modelos existentes.

Servicios y Módulos Especializados:

- **Modelos Predictivos**:
  - Generación de predicciones a corto y mediano plazo (e.g., 10 días, subestacionales).
  - Integración con herramientas como DSSAT para simulaciones específicas.
- **Gestión de Usuarios y Seguridad**:
  - Sistema de Usuarios asegura el acceso seguro a los datos y funcionalidades.
- **Visualización de Resultados**:
  Los datos procesados son entregados en formatos específicos para asociaciones agropecuarias (e.g., ASBAMA.COM, AUGURA) y herramientas de consumo general (e.g., Va a llover).

- **Relación entre Contenedores:**
  - La interacción entre los módulos es modular y escalable:
    - El "Data Lake" centraliza los datos y los pone a disposición de los módulos de procesamiento (e.g., Melisa, Crop Models).
    - Los resultados generados son enviados a los servicios de usuario para visualización o integración.

El sistema, diseñado con una arquitectura modular y escalable, permite la integración eficiente de datos climáticos de múltiples fuentes. Su núcleo de procesamiento (AClimate) y su repositorio centralizado (Data Lake) aseguran un flujo continuo de información que soporta la toma de decisiones climáticamente inteligentes para el sector agropecuario. Los servicios de usuario y módulos especializados aseguran la entrega de datos procesados y visualizaciones adaptadas a diferentes actores y sistemas productivos.

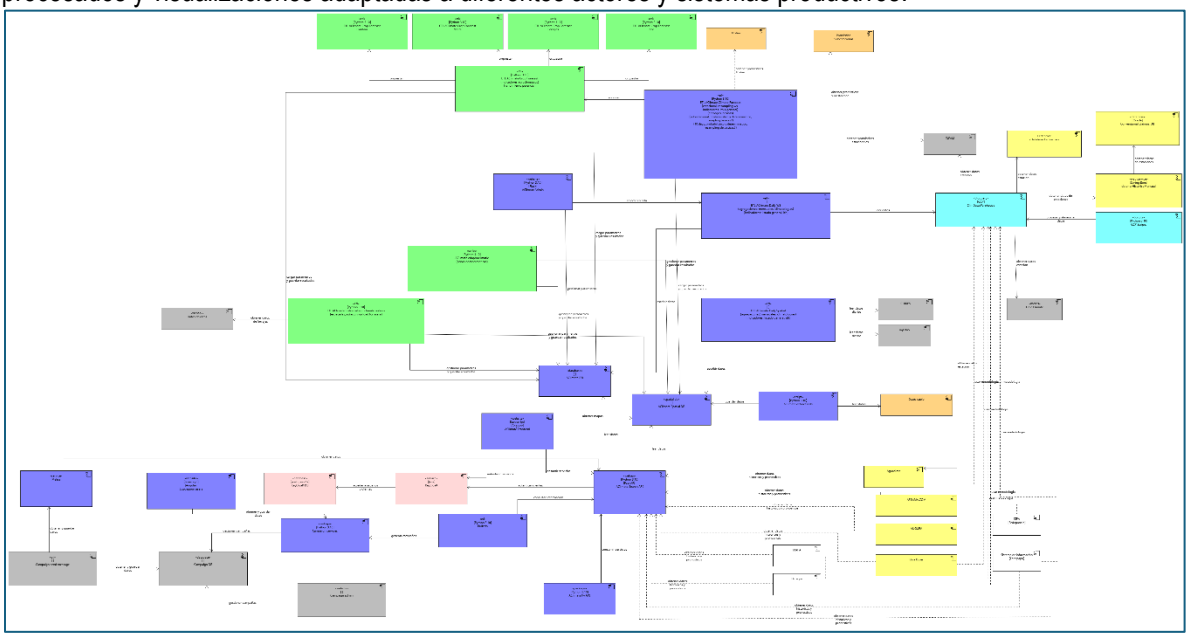


Figura 4. Diagrama arquitectura del sistema de nivel 2 Servicios Climáticos. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia).

AGRICULTURA DIGITAL

2.1 Diagrama de nivel 1

El diagrama de nivel 1 describe una arquitectura enfocada en la integración de herramientas y sistemas dentro del proyecto CAS, orientado hacia la agricultura digital para el sector agropecuario. Este nivel presenta los actores principales y cómo interactúan a nivel de contexto general (5). Para mayor detalle sobre los sistemas productivos de la caña panelera, el sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia, estas son agregadas en el diagrama usando cajas (*box*) con fondo de color blanco.

Descripción técnica del diagrama de nivel 1:

4. **Contexto general del sistema:**
   - El diagrama muestra una red de herramientas y sistemas desarrollados por diversas organizaciones, cada uno especializado en una función o servicio relacionado con la gestión agrícola, climática o de suelos.
   - Estos sistemas no están detallados en sus interacciones internas; en su lugar, el nivel 1 describe cómo están agrupados y cómo contribuyen al ecosistema general del proyecto CAS.
5. **Agrupación por entidades y funcionalidades:**
   - Los sistemas están organizados según las instituciones u organizaciones responsables de su desarrollo:

- Fedearroz: Incluye herramientas como Sifaweb, PlanGestión, y IArroz, orientadas a la gestión de información agrícola para el cultivo de arroz.
- Fedepapa: Integra un sistema de información propio para la gestión de datos sobre el cultivo de papa.
- Cenicafé: Ofrece soluciones avanzadas como BrocaApp, SICA, y sistemas de manejo agronómico y fitosanitario específicos para el sector cafetero.
- Fenalce: Proporciona herramientas como E-Agrology, orientadas al manejo eficiente de cultivos de cereales.
- Agrosavia: Desarrolla herramientas clave como MAPA, Ficha técnica agroclimática, IRAKA, y Dr. Agro, diseñadas para ofrecer recomendaciones y soporte técnico a productores.
- Asbama y AUGURA: Incluyen sistemas como Memento, Fertilice mejor, y Smart Cultivo, orientados a mejorar la gestión del sector bananero.
- Asohofrucol: Representada por el sistema SIGECA, enfocado en la gestión del cultivo de frutas.

6. **Actores y sistemas clave:**
   - **Melisa (ABC)** y **Agricultura Digital (ABC)** aparecen como núcleos centrales para la integración y procesamiento de datos climáticos y agrícolas. Estas herramientas son responsables de conectar las diversas plataformas y entregar resultados que apoyen la toma de decisiones.
   - Los sistemas desarrollados por las diferentes instituciones participantes deberán estar diseñados para trabajar en conjunto, compartiendo datos relevantes.

Este nivel proporciona una vista panorámica de cómo cada componente contribuye al ecosistema de agricultura digital. Los sistemas individuales son piezas clave que, al integrarse, permiten abordar desafíos específicos relacionados con la sostenibilidad, productividad y adaptación al cambio climático en sistemas agrícolas.

El diagrama de nivel 1 organiza las herramientas disponibles en un marco lógico y modular. Aunque no se muestran flujos de datos específicos en esta representación, queda claro que cada sistema está especializado y diseñado para un área o sector productivo específico, mientras que sistemas centrales como Melisa y Agricultura Digital actúan como integradores para procesar y coordinar toda la información. Este enfoque garantiza escalabilidad y adaptabilidad en el proyecto CAS.

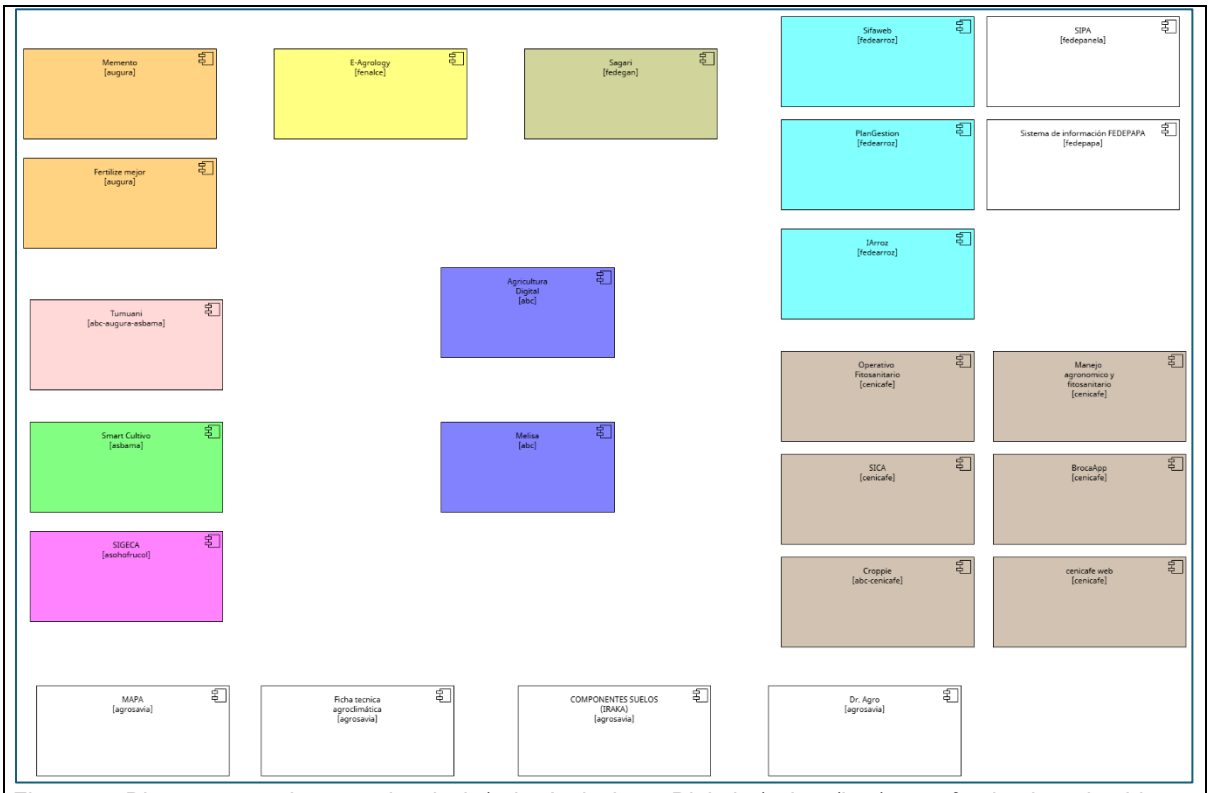


Figura 5. Diagrama arquitectura de nivel 1 de Agricultura Digital. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia)

2.2 Diagrama de nivel 2

El diagrama de nivel 2 representa una arquitectura detallada de la plataforma de Agricultura Digital dentro del proyecto CAS. A continuación, se describe su estructura, componentes y flujos (Figura 6).

Descripción técnica del diagrama de nivel 1:

2.2.1. Contenedores Principales

La arquitectura del sistema está organizada en múltiples contenedores funcionales, agrupados por organizaciones responsables y su rol en la plataforma:

Herramientas de Análisis y Soporte (ABC)

- **Agricultura Digital (ABC):**
  - Es uno de los módulos centrales del sistema, encargado de gestionar flujos de datos y análisis para las herramientas conectadas.
  - Integra aplicaciones como Melisa para la interacción con los usuarios.

- **Herramientas de Agrosavia**

MAPA:

  - Plataforma con información agroclimática espacial.

Ficha Técnica Agroclimática:

  - Diseñada específicamente para la identificación del riesgo agroclimático.
  - Procesa datos climáticos y productivos para generar análisis de riesgo específico para un sistema productivo en una ubicación y un tiempo determinados

Componentes Suelos (IRAKA):

- Herramienta con información de suelos

Dr. Agro:

- Aplicación orientada a productores para recibir asistencia técnica digital basada en análisis y datos de la plataforma.

- **Herramientas Gremiales**

Augura:

- **Memento:** Gestiona información climática y productiva del sector bananero.
- **Fertilice Mejor:** Recomienda prácticas de fertilización basadas en datos analíticos.
- **Tumuni:** Plataforma colaborativa entre Augura, Asbama y ABC.

Asbama:

- **Smart Cultivo:** Herramienta para gestionar información de cultivos específicos.

Asohofrucol:

- **SIGECA:** Sistema enfocado en cultivos frutales, integrando información técnica y productiva.**Sistemas Gremiales Corporativos**

Fedearroz:

- **Sifaweb:** Plataforma central para gestionar datos productivos de arroz.
- **PlanGestión:** Sistema administrativo y técnico.
- **IArroz:** Herramienta tecnológica especializada en la producción de arroz.

Fedepapa:

- **Sistema de Información Fedepapa:** Integra datos productivos y climáticos del cultivo de papa.

Fedepanela:

- **Sistema de Información Panelero (SIPA):** Integra datos delcultovo de caña panelera.

Herramientas Sectoriales

Fenalce:

- **E-Agrology:** Sistema digital para la gestión eficiente de cultivos de cereales.

Fedegan:

- **Sagari:** Plataforma para el sector ganadero, diseñada para manejo productivo y ambiental.

Herramientas para Café (Cenicafé)

Operativo Fitosanitario: Gestión de sanidad en cultivos de café.
Manejo Agronómico y Fitosanitario: Herramienta para optimizar la producción del café.
SICA: Sistema de Información Cafetero.
BrocaApp: Enfocada en el manejo de plagas en el café.
Cenicafé Web: Herramienta digital para los productores cafeteros.
Croppie: Aplicación colaborativa para análisis de cultivos específicos.

Flujos de Datos

El diagrama detalla las conexiones funcionales entre los módulos, destacando:

5. **Interacciones entre módulos centrales:**

- **Agricultura Digital (ABC)** actúa como núcleo, conectando a herramientas gremiales (Augura, Asbama, Fedearroz, etc.) y especializadas (MAPA, Dr. Agro, Ficha Técnica Agroclimática).

6. **Interacción con herramientas gremiales:**
   - Las herramientas de Augura, Asbama y Fenalce reciben información procesada para ofrecer recomendaciones específicas.
7. **Flujo de análisis de riesgo:**
   - La **Ficha Técnica Agroclimática** utiliza información climática y productiva para calcular indicadores de riesgo, los cuales son distribuidos a sistemas como MAPA y Dr. Agro.
8. **Herramientas específicas por sector:**
   - Cada gremio tiene sistemas especializados que conectan y consumen datos desde los módulos centrales (e.g., Sifaweb para arroz, SIGECA para frutas, y BrocaApp para café).

3. APIs y Procesos ETL

3. **APIs:**
   - **Agricultura Digital:** Proporciona servicios para la consulta y entrega de datos a sistemas gremiales.
   - **Ficha Técnica Agroclimática:** API de cálculo y distribución de riesgos agroclimáticos.
   - Herramientas gremiales (e.g., Sifaweb, Smart Cultivo) integran APIs para recibir datos desde los módulos centrales.
4. **ETLs:**
   - Los datos ingresan a través de procesos ETL, donde son transformados y adaptados para su consumo por módulos como MAPA, Dr. Agro y los sistemas gremiales.
   - La Ficha Técnica Agroclimática incluye procesos ETL para calcular indicadores basados en datos climáticos y productivos.

Resultados

EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA DEL CULTIVO DE CAÑA PANELERA REQUERIMIETOS FEDEPANELA

- Fecha: 2 y 3 de diciembre 2024
- Lugar: CIAT. Palmira, Cali
- Participantes:
  - Mauricio Ángel, delegado de Fedepanela
  - Gerardo Góez, Agrosavia
  - Cesar A. Vargas, Agrosavia
  - Ariolfo Camacho, Agrosavia
  - Víctor Hernández, CIAT
  - Sebastián López, CIAT
  - Steven Sotelo, CIAT

Tabla No. 1. Requerimiento de usuario para el sistema productivo de caña panelera.

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
RU-PN-01 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los usuarios necesitan un sistema de agricultura digital para el cultivo de panela que permita realizar un análisis de sus lotes, integrando datos climáticos, agronómicos y de producción. Este sistema debe ofrecer la capacidad de capturar, cargar y procesar datos de diferentes lotes de caña panelera que incluya su ubicación geográfica o identificación de su lote (shapefile), generar información de manera global, regional y local.
RU-PN-02 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El usuario requiere un módulo para el procesamiento de datos socioeconómicos, específicamente, todo lo relacionado con costos de producción y precios de venta a nivel nacional y regional. Permitiendo a Fedepanela publicar los costos y precios a todos los productores con la mayor frecuencia posible cada 3 días o semanal.
RU-PN-03 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los usuarios necesitan una calculadora para costos de producción amigable e intuitiva, que pueda tener datos precargados según cifras de SIPA
RU-PN-04 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los usuarios necesitan un calendario de manejo del cultivo, donde los productores puedan observar el ciclo de sus cultivos y saber que hacer en cada etapa fenológica. El calendario debe ser amigable e intuitivo para productores
RU-PN-05 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los productores, extensionistas, agrónomos y expertos requieren tener una plataforma de comunicación que les permita establecer y mantener un canal de comunicación directa dentro del sistema. • Agricultor-agricultor • Agricultor-extensionista • Agricultor-chatbot • Agricultor-Experto
RU-PN-06 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los usuarios necesitan un módulo de adquisición de fotografías en campo sobre tipo de cultivo, plaga, enfermedades y que el campesino pueda consultar por voz o por texto sobre la novedad y que este reciba recomendaciones sobre el manejo de su cultivo. Esta herramienta también debe permitir el etiquetado de plagas, enfermedades o tipos de cultivos
RU-PN-07 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los agricultores requieren un sistema que les brinde alertas tempranas sobre la presencia de plagas y enfermedades, basadas en condiciones climáticas y características del cultivo. Monitoreo de plagas y enfermedades (*Diatraea* spp, Barrenador del tallo, *Puccinia* Roya naranja)
RU-PN-08 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	Los productores necesitan recibir información sobre alertas agroclimáticas

Tabla No. 2. Requerimiento de sistema para el sistema productivo de caña panelera.

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	PADRE
RS-PN-01 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe incluir un módulo de colecta de datos que permita a los usuarios adquirir información de cada lote de caña panelera, funcionando tanto en modo offline como online. Este módulo debe ser capaz de recolectar datos por formularios ajustados por Fedepanela sobre situaciones, condiciones y prácticas agronómicas en campo.	RU-PN-01
RS-PN-02 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe incluir un módulo para el procesamiento de datos socioeconómicos relacionado con costos de producción y precios de venta a nivel nacional y regional. Permitiendo la integración con SIPA-Fedepanela para publicar los costos y precios a productores.	RU-PN-02

RS-PN-03 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe contener una calculadora para costos de producción amigable e intuitiva, que pueda tener datos precargados según cifras de SIPA	RU-PN-03
RS-PN-04 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe contener un módulo o sección calendario de manejo del cultivo, donde los productores puedan observar el ciclo de sus cultivos y saber que hacer en cada etapa fenológica.	RU-PN-04
RS-PN-05 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe contener un módulo de comunicación (CHAT COMPUTACINAL MULTICANAL) en diferentes sentidos que permita diferentes niveles de relacionamiento y comunicación • Agricultor-agricultor • Agricultor-extensionista • Agricultor-chatbot • Agricultor-Experto	RU-PN-05
RS-PN-06 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe contener un módulo de adquisición de fotografías en campo sobre tipo de cultivo, plaga, enfermedades para enviar a la plataforma. Esta modulo también debe permitir el etiquetado de plagas, enfermedades o tipos de cultivos	RU-PN-06
RS-PN-07 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe integrar un módulo donde el campesino pueda consultar por voz o por texto sobre la novedad y que este reciba recomendaciones sobre el manejo de su cultivo.	RU-PN-06
RS-PN-08 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe emitir alertas tempranas sobre la presencia de plagas y enfermedades, basadas en características del cultivo. Monitoreo de plagas y enfermedades (*Diatraea* spp, Barrenador del tallo, *Puccinia* Roya naranja)	RU-PN-07
RS-PN-09 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe recopilar información de diferentes plataformas agroclimáticos y emitir información sobre alertas agroclimáticas a los productores	RU-PN-08

Tabla No. 3. Requerimiento de funcionalidad del sistema para el sistema productivo de caña panelera.

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	PADRE
RF-PN-01 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe tener diferentes roles de usuario y permisos relacionados para restringir el acceso a los datos. Debe garantizar la protección y privacidad de los datos para que personal no autorizado no tenga acceso a datos personales. Roles sugeridos (nombres a definir): - usuario (productor) - asistente (técnico) - admin (líder de proyecto -Fedepanela) - admin (líder de proyecto) – Sistema / plataforma	General
RF-PN-02 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe garantizar la integración con SIPA-Fedepanela para • Debe capturar y presentar costos y precios a nivel nacional, departamental, municipal o regiones productivas • El sistema debe ofrecer la creación de formularios o encuestas personalizables según las necesidades de Fedepanela	RU-PN-02
RF-PN-03 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	La calculadora debe agrupar los costos de producción en mano de obra, transporte, insumos y otros. Debe ser intuitiva (ver Mockups), iconos grandes, barras deslizadoras	RU-PN-03
RF-PN-04 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El calendario debe ser intuitivo con una vista intercambiable entre un cronograma (project) o un calendario básico mensual.	RU-PN-04
RF-PN-05	Cuatro modos o formas de comunicación, todas las comunicaciones deben ser guardadas para aplicar técnicas de analítica e inteligencia artificial	RU-PN-05

AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	• Agricultor-agricultor • Agricultor-extensionista • Agricultor-chatbot • Agricultor-Experto	
RF-PN-06 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe hacer uso de la cámara de celular. Debe tener una pantalla donde el usuario tome la foto y realice una descripción por texto por voz de la fotografía Así mismo brindar un listado de etiquetas de acuerdo con la enfermedad	RU-PN-06
RF-PN-07 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe adquirir notas de voz para reportar novedades y que reciba recomendaciones sobre el manejo de su cultivo.	RU-PN-06
RF-PN-08 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe permitir a los usuarios capturar datos de la producción de caña panelera (fechas, ciclos productivos, siembras, fertilización, riego, rendimientos del cultivo, prácticas agronómicas, estado del suelo, manejo de plagas etc.) para cada lote mediante dispositivos móviles	RU-PN-07
RF-PN-09 AGROSAVIA, FEDEPANELA 2024-dic-02	El sistema debe permitir la visualización de datos climáticos históricos permitiendo una comparación del estado actual y los pronósticos	RU-PN-08

Evidencia

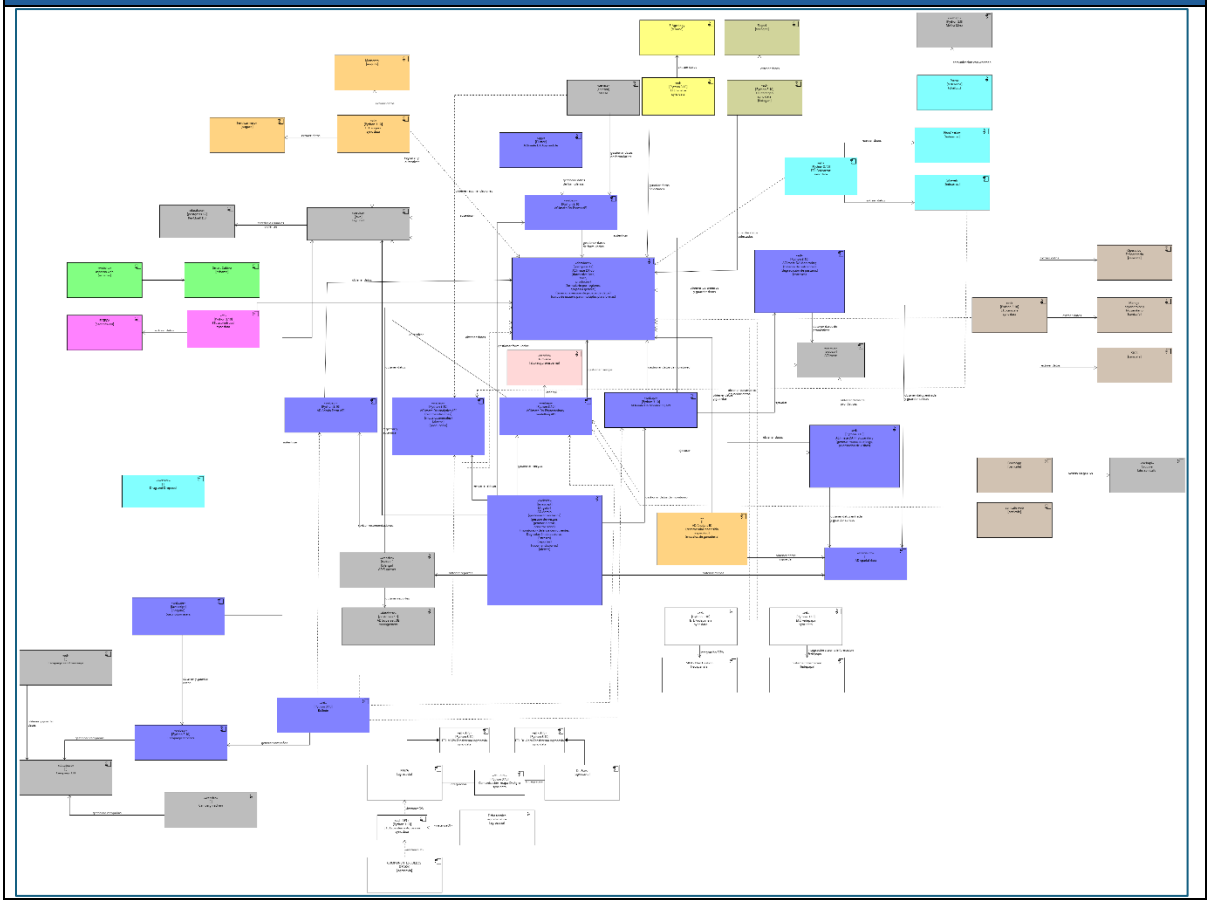


Figura 6. Diagrama arquitectura de nivel 2 de Agricultura digital. (cajas (box) con fondo de color blanco representan la interacción con los sistemas productivos de la caña panelera, sistema productivo de la papa y las herramientas digitales de Agrosavia).
Lecciones y acciones futuras
Durante este proceso, los vínculos con los gremios se han fortalecido, y el aprendizaje mutuo ha enriquecido tanto al equipo de Monitoreo y Evaluación como a los socios, quienes han contribuido con valiosas ideas y necesidades para la plataforma. Es fundamental finalizar las reuniones programadas con los gremios y avanzar en la formalización de la versión beta de la plataforma. Esto permitirá implementarla en campo al inicio del próximo año, junto con el arranque de las actividades de campo. De esta manera, se logrará perfeccionar la plataforma y realizar un piloto de prueba efectivo.

Listado de anexos

Se encuentran referenciados en las distintas tablas y